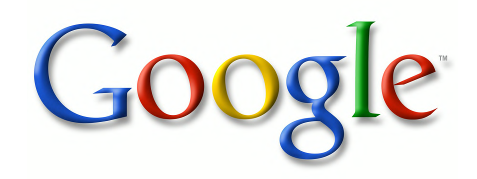
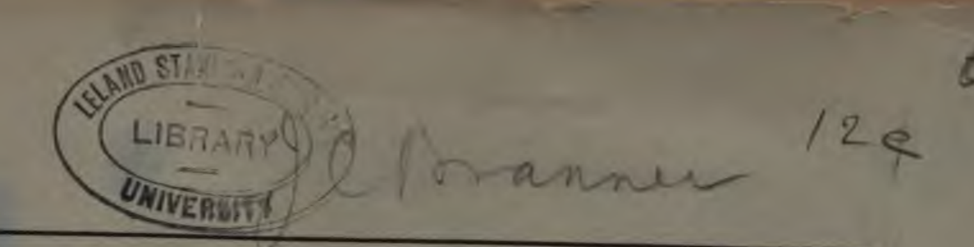




GÉOLOGIE

DE

L'ANCIENNE COLOMBIE BOLIVARIENNE

VÉNÉZUELA, NOUVELLE-GRENADE ET ECUADOR

PAR

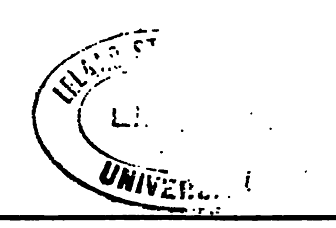
HERMANN KARSTEN
DR. PHIL. ET MÉD. ET PROFESSEUR DE BOTANIQUE

AVEC HUIT PLANCHES ET UNE CARTE GÉOLOGIQUE.

BERLIN
R. FRIEDLÄNDER & SOHN
1886







GÉOLOGIE

DE

L'ANCIENNE COLOMBIE BOLIVARIENNE

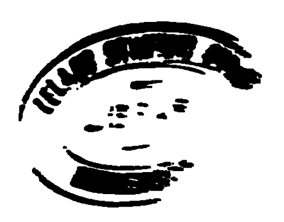
VÉNÉZUELA, NOUVELLE-GRENADE ET ECUADOR

PAR

HERMANN KARSTEN
DR. PHIL. ET MÉD. ET PROFESSEUR DE BOTANIQUE

AVEC HUIT PLANCHES ET UNE CARTE GÉOLOGIQUE

BERLIN
R. FRIEDLÄNDER & SOHN
1886



GÉOLOGIE

DE

L'ANCIENNE COLOMBIE BOLIVARIENNE

VÉNÉZUELA, NOUVELLE-GRENADE ET ECUADOR

PAR

HERMANN KARSTEN
DR. PHIL. ET MÉD. ET PROFESSEUR DE BOTANIQUE

AVEC HUIT PLANCHES ET UNE CARTE GÉOLOGIQUE.

BERLIN
R. FRIEDLÄNDER & SOHN
1886

AUX HABITANTS DE LA COLOMBIE

DEDIÉ

EN SOUVENIR DE RECONNAISSANCE

PAR

L'AUTEUR.

AVANT-PROPOS.

J'offre ici aux habitants de la Colombie l'exposé des observations scientifiques que j'ai faites dans cette contrée, comme premier commencement d'une description géognostique de cette région, quoique je sache fort bien que ma connaissance de leur pays si interessant souffre encore de beaucoup de lacunes.

La petite carte géognostique jointe à ce travail est le produit de la coordination de beaucoup de points que j'ai visités en partie moi-même, et d'autres qui ne me sont connus que par des descriptions. Ils m'ont servi à relier entre eux les grands districts encore inexplorés qui les séparent, procédé auquel m'autorisaient le développement et la disposition extraordinairement uniformes des divers terrains qui constituent ce pays.

Cette carte ne fait que constater la prédominance de ces terrains dans leurs territoires respectifs, sans avoir autrement égard à leurs rapports de gisement; par exemple dans les montagnes de Cundinamarca, qui sont formées de terrasses composées des différents étages crétacés, je n'ai indiqué que la présence et la prédominance des Crétacés inférieur et supérieur, mais leur répartition entre les différentes localités n'est pas représentée plus en détail. De même pour ce qui concerne la superposition au Crétacé de dépôts tertiaires de moindre importance, que je constatai dans cette région et celle que j'observai dans les montagnes de Cumana, je dus me borner à mentionner ces faits dans le texte sans les indiquer sur la carte. Celle-ci en effet n'a pour but que de montrer la répartition des terrains les plus importants et laisse au texte le soin de décrire le reste. Je n'ai pas non plus separé le tertiaire du quaternaire, car l'étude détaillée de leur faune est encore à faire.

Je dois laisser à mes successeurs le soin de dresser des cartes spéciales plus exactes. Ils auront aussi à faire l'étude comparée des restes organisés que leur offriront les divers étages des terrains sédimentaires. J'aurais pu moi-même produire beaucoup plus, si les moyens dont je disposais pour le transport de collections n'avaient pas été si limités, et si avant le commencement de mon voyage j'avais été préparé à ce qui m'attendait. Mais j'arrivai dans un pays à peu près complètement inconnu au point de vue géognostique, dont je devais étudier la constitution dès les premiers éléments et me contenter d'en tracer les lignes générales.

J'ai indiqué dans l'Introduction les régions visitées par moi. Puisse ce résultat d'une exploration de 12 années, dénuée de toutes commodités, dans des contrées alors encore inhospitalières et pour la plupart desquelles je manquais de cartes géographiques exactes, puisse-t-il, dis-je, faciliter à mes successeurs une étude plus détaillée et apporter à la science l'utilité et les avantages vers lesquels ont tendu mes efforts!

HERMANN KARSTEN.

La région du Sud-Amérique dont je décris la géologie dans les pages suivantes comprend la république de Colombie, fondée par Simon Bolivar en 1820, mais qui, déjà pendant les dernières années de la vie du „Libertador“ se démembra en trois Etats: Ecuador, Nouvelle Grenade et Venezuela. Plus tard les deux derniers, imitant les Etats-Unis de l'Amérique du Nord, prirent le nom d'Etat fédératif. La Nouvelle Grenade prit alors (1861) le nom d'„Estados unidos de Columbia“. — Ici, comme dans mes autres travaux d'histoire naturelle, j'ai employé les noms de Colombie et de Nouvelle Grenade selon leur justification historique.

J'explorai cet immense territoire de la Colombie (environ 50'000 milles carrés) au point de vue de sa végétation et de sa constitution minéralogique, autant que le permettait un voyage de 12 années. Cependant je ne pus guère en visiter que la moitié, et encore dus-je me contenter d'en toucher des points isolés ou de suivre des directions générales. Il me manque l'étude de la Guyane située au Sud de l'Orénoque, de même que celle de la côte du Pacifique et des provinces d'Antioquia et de Darien qui s'y attachent, à partir du cours inférieur du Magdalena. Je ne pus non plus explorer la partie des Cordillères située au Sud du Riobamba, ni les dépressions de l'Ecuador à l'Ouest et à l'Est de ces chaînes.

Dans les vastes plaines qui s'étalent au pied oriental des Cordillères de la Nouvelle Grenade, je ne pénétrai que jusqu'au village d'Jiramene, situé sur le Meta (Humadea). Quant à la grande plaine au Nord des bords de l'Orénoque, je la parcourus du côté du Nord à partir des montagnes de Vénézuela jusqu'à Maturin, Calabozo et Barinas. Par contre la côte nord de Vénézuela, de Cariaco jusqu'au delà de la presqu'île de Paraguana, à l'Ouest, ne compte que peu de points laissés inexplorés. Je parcourus dans les directions les plus diverses, et pour la plupart plusieurs fois, les massifs situés entre la côte et l'Orénoque, m'avançant à l'Ouest jusqu'à Pamplona; il en est de même pour la côte de la Nouvelle Grenade, du Rio Hacha jusqu'à Cartagena. Je gravis les montagnes de Santa-Marta, du côté du Nord, jusqu'à la limite des neiges, et fis tout le tour de leur pied, m'élevant ça et là sur leurs premières pentes de même que sur celles du massif de Perija, qui les limite au Sud. Déjà une fois, de Macaraybo, je m'étais avancé dans cette basse Sierra Perija, l'extrémité septentrionale du massif d'Ocaña, Cordillères orientales de la Nouvelle Grenade, sans avoir pu alors effectuer le passage projeté dans la vallée d'Upar. D'ici (Upar), je me dirigeai plus tard suivant d'abord le pied de la montagne et m'élevant ensuite sur ses versants Ouest, sur Ocaña et de là dans le massif lui-même, puis, avec quelques pointes de côté et d'autre, par Jiron, Bucaramanga, Socorro, Tunja, Chiquinquira, Zipaquira, sur Bogota, d'où je traversai plusieurs fois la chaîne dans différentes directions et atteignis les plaines de l'Orénoque. De même je visitai, de Bogota, les mines d'argent de Santa Ana, près de Mariquita, puis, passant la chaîne de Quindio, je me dirigeai vers Cartago et de là, montant la vallée sur le versant occidental des Cordillères centrales, j'arrivai à Popayan, puis descendis de nouveau sur la rive gauche du Cauca jusqu'à Cali d'où j'explorai encore à une journée de chemin dans la direction septentrionale les pentes orientales du massif. De Popayan, d'où je visitai à l'Est le Purace et à l'Ouest les montagnes de Buenaventura —, j'atteignis, par la vallée de Patia, Pasto et Tuquerres, passai quelque temps à étudier cette contrée et les volcans des environs, et descendis, par les versants Ouest de l'Azufral et de Chiles, jusqu'aux plaines qui délimitent l'Océan Pacifique. De Tuquerres je continuai ensuite mon voyage au Sud jusqu'à Riobamba, tantôt m'élevant sur quelques-uns des nombreux volcans de ces hauts-plateaux, tantôt descendant vers l'Ouest (à la frontière de l'Ecuador) dans les plaines du Putumayo. A mon retour je franchis le col de Guanacas, et parcourus la vallée du Magdalena, la descendant jusqu'à Tocayma; étant ensuite retourné à Bogota, je m'embarquai enfin sur le fleuve du Magdalena, de Honda à Sabanilla.

C'est ainsi que je fis connaissance avec ce gigantesque hémicycle de montagnes qui entoure à l'Ouest les plaines immenses, s'étendant du 10° lat. Nord au 18° lat. Sud, maintenant encore pour la plupart inextricables, et qui environnent les massifs plutoniques de la Guyane et du Brésil. Les montagnes, de forme semicirculaire, se composent de plusieurs chaînes parallèles, et, partant de la presqu'île de Paria et de l'île de la

Trinité au Nord-Est, se continue par la chaîne cotière septentrionale de Vénézuela, et, par le massif de Merida, dans la chaîne des Andes, qui affecte d'abord une direction méridionale pour courir ensuite au Sud-Est jusqu'au haut-plateau de Cochabamba et de Chuquisaca—l'extrémité méridionale de cet hémicycle. Cette chaîne se prolonge ensuite au Sud jusqu'au 60° lat. Sud, et se termine au Cap Hoorn.

Le milieu de ce grand hémicycle est occupé par le plateau volcanique de Quito, borné au Nord par les volcans de Pasto et d'Azufral et au Sud par l'Azuay; ce plateau, au point de vue géologique, forme le point culminant d'une chaîne dirigée du Nord au Sud et constituée par des masses éruptives plutoniques et volcaniques. Cette chaîne présente en outre les dépôts sédimentaires de l'écorce terrestre; tantôt ceux-ci ont été soulevés et pénétrés par ces masses éruptives, tantôt ils forment de chaque côté des chaînons indépendants, ou bien ils y sont directement appliqués ou superposés, ou enfin, comme dans le plateau volcanique de l'Ecuador, ils en sont par places plus ou moins enveloppés, recouverts, ou sont plus ou moins complètement enchevêtrés avec eux.

Pendant que les roches volcaniques sont l'apanage presque exclusif des hautes Cordillères centrales, qu'accompagnent le plus souvent des chaînes plus basses, et qui bornent le continent du côté du Pacifique, les massifs moins importants de cette région sont formés de roches plutoniques et volcaniques, et les immenses plaines n'offrent que les dépôts les plus supérieurs des dernières époques géologiques. Non pas que ces dépots récents ne se trouvent que dans les plaines basses, ni que les terrains plus anciens apparaissent successivement à mesure qu'on s'élève, ce qui ferait admettre une extension et un exhaussement continuels et synchroniques de toute la contrée, une émersion successive du fond de l'Océan; bien plutôt, beaucoup des hauts massifs, même la chaîne volcanique la plus élevée, nous fournissent la preuve qu'une partie au moins ne fut mise à sec que dans une période géologique toute récente.

Les dépôts les plus anciens, les couches paléozoïques, paraissent n'affleurer que sur une petite étendue et seulement dans la moitié sud du continent, pour autant que notre connaissance il est vrai encore assez imparfaite et limitée à quelques points de cet immense territoire, nous autorise à le dire; ces étages manquent donc aux régions dont nous nous occupons ici; de la série mésozoïque nous n'y constatons que les dépôts les plus supérieurs; le Crétacé seul y a quelque étendue. Peut-être les couches neptuniennes primaires, avec leurs restes organisés furent-elles métamorphosées de telle sorte, par la percée des masses éruptives, que nous les trouvons aujourd'hui, à l'état de roches métamorphiques, de schistes primitifs, dans le voisinage des masses plutoniques.

Mes prédécesseurs dans l'étude géognostique de la Colombie étaient: **Humboldt** (Voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent, fait de 1799 à 1804. Paris, 1816—1832); élève de Werner, mais attiré, avant tout, par les théories alors naissantes de Demarest et de Dolomieu sur le volcanisme, vers les grandioses phénomènes volcaniques de l'Amérique, il s'adonna particulièrement à leur étude. La base scientifique que Smith donna aux enseignements d'Agricola et de Werner sur l'âge relatif des dépôts neptuniens, Humboldt ne la connut qu'après son retour de l'Amérique; c'est pourquoi les contrées de Vénézuela et de la Nouvelle Grenade, visitées par lui, composées principalement de dépôts neptuniens, ne l'engagèrent pas à en entreprendre une étude plus complète; cependant la science lui doit aussi la connaissance gêologique d'une partie du Sud-Amérique, car il emporta en Europe une collection considérable de fossiles, provenant du terrain des sources de l'Amazone. Après Humboldt vint **Degenhard**, longtemps occupé dans la province d'Antioquia, vallée de Cauca, comme directeur de la mine de Marmato; il publia des communications très intéressantes sur la constitution géologique de ce territoire (voir „Karsten's Archiv der Minéralogie, XII, 1839"). Degenhard recueillit une grande quantité de fossiles, soit dans la vallée de Cauca soit sur le haut-plateau de Cundinamarca, qu'il avait également visité. Ces deux collections eurent le bonheur d'être étudiées par Léopold **de Buch**, paléontologiste consommé, qui (voir Buch: Pétrifications recueillies en Amérique par M. de Humboldt et par Ch. Degenhard, Berlin 1839) prouva que les contrées situées par 5° 30′ lat. sud (Cajamarca) et 4—6° lat. nord (Antioquia), dans les Cordillères du Sud-Amérique, appartiennent au Crétacé et non au paléozoïque ancien, comme la présence de houille et de puissantes couches de grès rouge l'avaient fait supposer jusqu'alors. A la suite de cette publication **d'Orbigny** examina aussi les fossiles recueillis dans ces régions par Boussingault de 1821 à 1833 (Coquilles et Echinodermes fossiles de la Colombie recueillies par M. Boussingnault, 1842) et confirma l'opinion avancée par de Buch. De la contrée de Bogota le Dr. **Gibbon** confia de plus à **Lea** à Philadelphie une série de fossiles, pour être déterminés. Lea en donna connaissance en 1841 (Notice of the Oolitic formation in America. „Transactions Americ. Phil. Soc. Vol. VII, 1841). Il est vrai que par erreur Lea tint ces fossiles crétacés pour des espèces jurassiques. Ensuite **Forbes** reçut de Hopkins, aussi de Bogota, des pétrifications qu'il décrivit (Quarterly Journal of the Geol. Soc. of London Vol. I pag. 174. 1845). De la Guyane les frères **Schomburgk** remportèrent, à la suite de leurs explorations de

plusieurs années dans ce pays (Richard Schomburgk, Reise in British Guyana, Leipzig 1847 et 48) la confirmation des idées de Humboldt, que la plus grande partie des massifs de la Guyane consistent en roches plutoniques.

Un envoi de documents et de fossiles que je fis à Léop. de **Buch** de Barbacoas de Trujillo, dans les montagnes de Merida, fit le sujet d'un mémoire de ce savant dans les „Schriften der Berliner Academie der Wissenschaften, 1849;“ il donna de même, dans la „Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft, Berlin, Bd. II., 1850,“ une figure de l'Ammonites Tucujensis *Buch.* La même année parut à Paris, en espagnol, un Résumé des études et des observations de Boussingault pendant son voyage en Colombie: „Viajes cientificos en los Andes equatoriales ó coleccion de memorias, etc., traducidos par **J. Acosta** 1849,“ puis, en 1853 le mémoire de **Boussingault**: „Notes sur quelques coquilles fossiles recueillies por J. Acosta dans les montagnes de la Nouvelle Grenade“ (Journal de Conchyliologie, Paris 1853, Vol. IV.). **Acosta** publia en outre dans les Comptes-rendus des communications sur la disparition du volcan de boue situé sur Galera Zamba près Cartajena; un mémoire sur le même sujet parut dans „L'Institut 1849“ et „Leonhard Neue Jahrbücher für Mineralogie, 1851.“ — **Humboldt** enfin provoqua en 1853 une communication sur les Llanos de Caracas, dont il est question tout à l'heure.

Les observations que j'enregistrai pendant mes voyages en Colombie de 1844—47 et de 1848—56 furent publiées en partie dans la „Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft 1849 und 1850“, avec une carte géologique de Vénézuela, et en partie dans „Karsten's Archiv für Mineralogie, 1851 et 1853.“ Ici vient s'ajouter aussi une description de la disparition du volcan de boue de Galera Zamba, faite d'après des observations particulières, et indépendante de celle d'Acosta. De retour de mon voyage (1856) je m'empressai de communiquer à la réunion des Naturalistes allemands, à Vienne, le résultat de mes études géognostiques dans la Nouvelle Grenade et l'Ecuador (Amtlicher Bericht der Naturforscher-Versammlung in Wien 1858). Peu de temps après je publiai „Die Vulkane der Anden. Ein Vortrag. Berlin 1856,“ plus tard „Das Gold Neu-Granada's“ und „Reisenotizen über die Provinz Cumana in Venezuela“, puis „Reisebilder in Columbien“ dans (Westermann's Monatshefte, 1858, 1859 et 1862), et „Ueber das geologische Alter der Cordilleren“ (Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft, Berlin 1861). En réponse à mes communications citées plus haut sur les Llanos de Caracas, datant de 1852, parut en 1853, dans la (Zeitschrift der geol. Gesellschaft) un article inspiré par Humboldt, accompagné d'un profil, et dans lequel celui-ci défendait son opinion sur la nature plutonique (autrefois nommée volcanique) des roches de cette région. Afin d'éclaircir ce différend je donnai en 1862 dans cette même publication deux profils dressés d'après mes observations, de la même contrée; je reproduirai conjointement ici ces trois coupes, outre les profils déjà publiés en 1856, ceci afin de faciliter à mes successeurs l'étude de cette question. De plus j'écrivis: „Erinnerung aus den Cordilleren, über Vulkane und Erdbeben“ avec théorie de ces phénomènes, dans „Die Natur, Halle 1877.“

Après ma publication „Ueber die geognostischen Verhältnisse Columbiens, Wien 1856“, parurent encore d'autres contributions, dignes de remarque, à la géologie de ce pays: **Villavicencio** „Geografia de la republica de Ecuador, New-York 1858“, contenant outre la partie géographique de nombreux renseignements géognostiques; **Wall** „Quarterly Journal of the geolog. Soc. XVI, 1860“, sur la Trinité et la côte voisine de Vénézuela; **M. Wagner,** sur la géologie de l'Isthme de Panama, Petermann's Geographische Mittheilungen 1861, Ergänzungsheft V.“ **L. K. Schmarda** „Reise um die Erde. Braunschweig 1861;“ donne dans le troisième volume quelques notes géognostiques sur la Colombie.

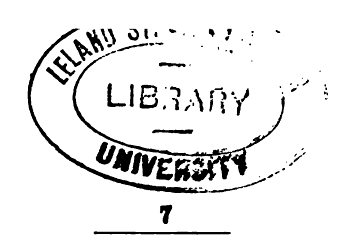
Quelques mots sur la géologie de cette contrée se trouvent aussi dans l'édition des travaux de **Codazzi** sur la Nouvelle Grenade, publiée par **Felipe Perez** sous le titre: „Jeografia fisica et politica de los Estados unidos de Columbia I, II, Bogota 1862, 1863“. L'auteur voue principalement son attention aux gîtes métallifères, surtout à celui de l'or, à la présence de la houille et du sel gemme.

Marcou (Explication de la carte géologique de la terre, 1875) donne à propos de la description du Sud-Amérique une analyse de mes observations sur la Colombie, auxquelles il ajoute celles de Wall sur la Trinité, de même que celles de Maack, qui trouva la Cordillère de Baudo située à l'Ouest de l'Atrato constituée par des roches plutoniques cristallines. Marcou parle aussi d'un territoire silurien, situé au Nord-Ouest d'Antioquia, sans cependant donner les raisons qui parlent en faveur de cette opinion et qui pourraient prouver qu'on n'a pas considéré, dans ce cas ci, la présence de houille et de grès rouge comme des indices du „terrain de transition“ comme on l'avait fait jusqu'alors en Colombie. De plus M. Marcou parle d'une soi-disante correction de mes données sur la côte de Puerto Cabello et La Guayra, où je trouvai des restes encore intacts de roches crétacées maintenant pour la plupart métamorphosées, et alors que j'observai en outre, le long de la côte, du Tertiaire ou peut-être même un dépôt plus récent, ainsi que je l'énonce dans les écrits mentionnés plus haut (comparez la carte que je publiai en 1850). Pour ce qui concerne ce dernier fait je ne pus pas,

il est vrai, l'indiquer d'une manière précise sur la carte à encore plus petite échelle dressée en 1856 et connue probablement de M. Marcou seul. Cette carte devait, dans sa petite échelle, de même que celle que je donne ici, n'offrir qu'une vue d'ensemble sur la répartition générale des différents terrains, pour obvier à l'ignorance presque totale où l'on était alors des conditions géognostiques de ce pays. Personne ne reprochera à M. Marcou de n'avoir pas reproduit mes données de 1850 d'une manière distincte dans sa nouvelle carte, car la petitesse de l'échelle ne le permettait pas; mais quand M. Marcou dit néanmoins dans son texte qu'il y a imprimé une correction de mes données, en ce sens qu'il n'indique aucun dépôt sédimentaire au pied nord des Cordillères de la côte, je suis alors convaincu que Monsieur mon très honoré collègue en aurait lui-même jugé autrement, si, au lieu de soutenir personnellement par ses efforts les nombreux et excellents géologues de l'Amérique du Nord, il s'était rendu dans l'Amérique du Sud, très inhospitalière, il est vrai, mais où presque tout reste encore à faire pour le géologue.*)

Sur la partie méridionale de l'Ecuador parurent de **Wolf** (Leonhard, Neues Jahrb. etc., 1874, 75, 78 et 80) différents articles que l'on trouve réunis et accompagnés de cartes géologiques dans ses „Viajes cientificos por la Republica del Ecuador. Guayaquil 1879;" et: „der Cotopaxi und seine Eruption 26. Juni 1877 (Verhandlungen des naturhistorischen Vereines für Rheinlande und Westfalen 1878). **Stübel** et **Reiss** explorèrent, de 1868 à 1874, la Nouvelle Grenade et l'Ecuador (voir Petermann's geographische Mittheilungen 1878); ayant dirigé leur attention spécialement sur les roches et phénomènes volcaniques, ils crurent avoir observé de nombreux courants de lave datant des temps historiques. Reiss rapporte que, à la distance de 8 milles du Sangay, à vol d'oiseau, à Macas, il avait vu surgir de ce volcan un courant de lave qui se déversait en cascades du cratère et que le même phénomène aurait duré pendant 8 années consécutives, sans aucune interruption; il dit aussi avoir visité, en 1868, le volcan de boue Zamba, et avoir consacré quelque temps à l'étude de ce volcan, tandis qu'il fut consumé par le feu et disparut sous la mer en 1848 (voir pag. 5). Cependant son compagnon Stübel ne donne aucune confirmation de ces allégations. Stübel agrandit le cercle de nos connaissances géologiques sur la Colombie, en rapportant de la Plata deux Ammonites, d'après lesquelles Steinmann (Leonhard's Neue Jahrbücher, 1882) reconnut la présence du terrain jurassique sur le Magdalena supérieur. — **De Loriol** décrivit en 1876 (Mém. Soc. de Phys. et d'Hist. nat. Genève, Vol. XXIV) un Echinide (Enallaster) de ma collection, provenant de Barbacoas de Tucujo (Vénézuela). — **L. Dressel** fit dans les „Stimmen von Maria Laach, Freiburg i. Br." des communications sur son voyage en Ecuador, dont je reproduisis, du volume XIII, 1877, une partie de l'article: „Die Vulkane Ecuadors und der jüngste Ausbruch des Cotopaxi." — **Stelzner** (Leonhard, Neue Jahrb. etc. 1877) reconnut de quelques échantillons de roches d'Oruba et de Curaçao que le calcaire tertiaire qui y affleure passe successivement à un phosphate de chaux. — **Saenz** donna en 1878 une notice sur la contrée de Bogota: „Contribuciones al estudio jeognostico de una seccion de la Cordillera oriental. Bogota." (Paraît être une feuille d'un journal politique). — **Attwood,** en 1879 (Quarterly Journal of the geological Society of London), donne connaissance des roches qui affleurent vers le Sud-Ouest d'Angostura, dans le riche district aurifère de l'Upata. — **Whymper** (Alpine Journal Vol. X. London 1882) donne des rapports de ses ascensions et de ses mesurages des sommités de l'Ecuador en 1879 jusqu'à 1880. — **Steinmann** (Leonhard, Jahrb. etc. 1882) démontra la présence du Jurassique d'après deux

*) Du reste Mr. Marcou me distingue par l'honneur qu'il me fait d'exposer les événements de ma vie privée aux lecteurs de son ouvrage célèbre et vraiment scientifique, qui traite de la géologie de toute la terre. A mon grand regret cependant il fut ici encore induit en erreur par son correspondant. Si Mr. Marcou, après la déplorable guerre de 1871, avait pu se décider à demander des informations sincères à un collègue allemand, j'aurais pu alors, réjoui par sa sympathie, l'informer avec plaisir que, pour l'exécution de mon voyage, j'étais réduit uniquement à mes seuls moyens, soit matériels, soit scientifiques. N'ayant été engagé par aucune société, par aucun gouvernement, non plus par conséquent par celui de la Nouvelle Grenade, pour quelques études géologiques que ce fût, je ne reçus aucuns subsides d'une source quelconque de ce genre. Par conséquent, au commencement de mon voyage de 12 années en Colombie, je n'avais pris aucun engagement, mais après que j'eus terminé mes recherches, peu avant mon départ pour l'Europe, je fus chargé par le gouvernement de Bogota, c'est-à-dire par le Ministre Pastor Ospina, de la mission honorable de rédiger une description géognostique de la Nouvelle Grenade, sous la forme d'un Manuel de Géognosie. De Berlin j'envoyai ce travail à Londres, au chargé d'affaires Tomas Cipriano Mosquera, en 1861, au moment où ce dernier venait d'être élu président de la République et se disposait à retourner dans son pays; je le priai en outre de remettre ce travail à son gouvernement. Mais Mr. Mosquera ne m'offrit ni de rédiger mon manuscrit espagnol — qu'il considéra, il est vrai, comme ayant besoin d'être revu au point de vue de la langue — ni de traduire (selon Mr. Marcou) mon texte allemand, que j'avais envoyé auparavant (1858) à l'ambassadeur Juan de Francisco Martin à Paris; non seulement cela, mais il ne présenta pas cet ouvrage au Gouvernement de la Nouvelle Grenade, pour qui il était écrit, et comme cela aurait été son devoir, et ne le mit pas non plus à ma disposition. Je ne revis jamais ce manuscrit. Pour ces motifs mon travail ne fut pas publié, et je ne reçus jamais du Gouvernement l'honoraire de 1000 $ qu'il m'avait proposé pour cela.



Ammonites que Stübel avait recueillies sur le Magdalena supérieur. — **W. Branco** publia en 1883 (Palaeontologische Abhandlungen. Herausgegeben von Dames et Kayser, Bd. I, Berlin) une étude sur les ossements de mammifères recueillis près de Punin, dans le voisinage de Riobamba. — **Siemiradzki** donne des renseignements pétrographiques sur des roches de l'Ecuador (Neues Jahrbuch für Mineralogie etc., 1885) avec une carte géologique des Cordillères au Sud du Chimborazo jusqu'au Rio Leon, plus quelques compléments aux données de Wolf sur cette contrée.

Maintenant je vais présenter aux amis de la géologie les matériaux contenus dans la littérature cidessus indiquée, réunis à ceux encore inédits de mes notes de voyage, avec le désir que ce commencement d'une étude géognostique de la partie de la Colombie que j'ai visitée puisse bientôt profiter à un explorateur plus favorisé et mieux équipé, et contribue à l'étude exacte et approfondie de toutes les particularités de ce pays aussi beau et aussi inépuisable au point de vue scientifique que, pour le voyageur européen, abondant en privations et en peines de toute espèce.

Pour rendre plus facile l'exposé général des faits je décrirai tout le territoire fragment par fragment de l'Est à l'Ouest et au Sud, et essaierai de représenter le résumé de toutes mes observations dans la carte jointe à ce mémoire, dont j'empruntai la partie hydrographique aux cartes les plus récentes de Codazzi*) et de Petermann.

La moitié orientale de la Colombie, **Vénézuela**, est constituée en majorité par de vastes plaines sillonnées par l'Orénoque et par ses affluents principaux et qui sont parcourues ou limitées, au Nord par un massif de montagnes qui borde la mer en partie, au Sud par les chaînes de la Guyane et du Brésil. Le noyau de chacun de ces massifs, qui en forme en même temps les points culminants, est de nature plutonique. La Cordillère septentrionale se divise en plusieurs chaînes qui traversent le pays de 62° à 69° longit. occid. de l'Est à l'Ouest et de 69° à 72° du Nord-Est au Sud-Ouest. La syénite passant au granite ou au gneiss, des schistes amphiboliques, micacés ou chloritiques, ces derniers fréquemment de structure ondulée, avec des lits de schistes argileux, de quartzites ou de calcaires., tout cela forme les parties principales de ces chaînes plutoniques; plus rares sont les calschistes cristallins et le marbre; et, tout-à-fait en sous ordre, dans les couches supérieures de la périphérie, on trouve des calcaires caverneux qui rappellent ceux du Crétacé supérieur, par exemple à Valencia et Puerto Cabello (S. Esteban). Les chaînes plutoniques sont accompagnées de collines secondaires formées la plupart de dépôts neptuniens et qui, dans la partie orientale, les flanquent du côté du Sud, dans la partie occidentale du côté du Nord.

La syénite et les roches analogues de ces massifs peuvent ne devoir leur origine qu'au métamorphisme de couches neptuniennes, ainsi que semble le démontrer un gisement dans la chaîne occidentale, là où celle-ci ferme la vallée du Rio de las aguas calientes, entre Puerto Cabello et Valencia. Ici un granit syénitique pénètre une couche de schiste argileux compacte et grenu, puissant de 1 à 3 mètres, et a enchassé des fragments de de cette roche, lesquels sont métamorphosés en amphibole. Le granit lui-même s'enrichit d'amphibole dans le voisinage de ces fragments.

Du 62e degré au 68e, à l'Ouest, le pied de ces massifs plutoniques est partout baigné par la mer. De 60° 30′ à 66° 10′, c'est-à-dire de Punta Araya à Cabo Codera la Cordillère est interrompue par un golfe qui s'avance profondément dans les terres.

Du côté de l'Ouest cette Cordillère côtière plutonique de Vénézuela qui court Est-Ouest, quitte la côte et prend la direction Sud-Ouest, comme je l'ai dit. En même temps la hauteur générale diminue, et les roches granitiques, cristallines massives disparaissent dans l'arrière-plan, c'est-à-dire que les montagnes de Montalban, Altar, Sanare, St. Rosa, Trujillo etc., sont formées principalement de schistes métamorphiques. Ensuite réapparaissent granite et syénite en plus grandes masses, dans les montagnes plus occidentales (70° 30′ — 71° 30′) de Niquitao, St. Domingo, Mucuchies, et de la Sierra Nevada de Merida. Elles sont de nouveau débordées par les schistes à l'extrémité occidentale de cette chaîne jusqu'à sa jonction avec les monts de la Nouvelle Grenade, qui courent Nord-Sud, entre les fleuves du Magdalena et du Zulia.

Remarquons dès l'abord ici que la plus forte inclinaison des hauteurs de ces chaînes de Merida est constamment tournée au Midi; pendant que, dans la chaîne côtière de Caracas, cette plus grande pente se trouve plutôt sur le versant Nord; de plus les roches granitiques, massives bien que divisées en plaques, affleurent de préférence dans les régions inférieures des abrupts. Dans les montagnes de Caracas les roches amphiboliques me parurent plus fréquentes, dans celles de Mérida les roches micacées semblaient avoir la prépondérance. Ces deux parties de la chaîne plutonique de Vénézuela, qui pour l'ordinaire court dans la

---

*) Celle de la Nouvelle Grenade fut publiée, en 1864, par le gouvernement de Bogota (Tomas C. Mosquera) sous le nom de Ponce de Leon.

direction Est-Ouest, c'est-à-dire le tronçon oriental et le tronçon occidental, se distinguent entre eux, outre par leurs caractères orographiques, par le fait suivant qui peut-être en est un corollaire, que le premier est flanqué sur son côté Sud, le second sur son côté Nord, de roches neptuniennes qui s'étalent ensuite en plaines plus ou moins étendues.

Considérons premièrement le tronçon oriental de la partie Est de Vénézuela, du 62e au 69e degré de long. occid. Le versant septentrional de la Cordillère côtière extérieure plutonique plonge presque partout directement dans la mer. Seulement par places se trouve une zone-bordure de couches plus récentes, de très petite étendue, par exemple le Cabo blanco près La Guayra, formé de dépôts tertiaires de marnes à coquilles (Pecten gigas), de sables, de graviers et de brêches coquillières, qui tous ensemble plongent 45° Sud; de même la baie de Puerto Cabello remplie de coraux d'espèces actuelles. En outre un dépôt marin très récent couvre çà et là les schistes cristallins métamorphiques jusqu'à une hauteur de 20 metres, par exemple à Punta Araya et à La Guayra, comme preuve d'un léger soulèvement de cette côte, qui aurait eu lieu à une époque toute récente.

Du côté de l'Ouest ces massifs cristallins s'étendent jusqu'au 69e degré, vers l'Aroa, où ils renferment des filons de cuivre sulfuré et de galène argentifères et où commencent les vastes territoires fossilifères, surtout les districts tertiaires.

Au midi cette chaîne plutonique est accompagnés de plusieurs rangées de collines dont la hauteur et la continuité diminuent vers le Sud, et qui sont composées principalement de couches sédimentaires.

Plus ces hauteurs s'éloignent vers le midi de la Cordillère côtière extérieure et du degré de longitude de Valenzia vers l'Est, plus les traces d'un métamorphisme quelconque diminuent.

La plus haute de ces chaînes, la plus rapprochée de la Cordillère cristalline de la côte, la „Cordillère côtière intérieure," est formée en partie par des „Grünstein" et autres roches métamorphosées; la masse plutonique qui fut la cause du soulèvement, n'affleure pour autant que je connais la chaîne, que sur quelques points de l'Ouest. Le métamorphisme des couches neptuniennes est moins complet que dans la Cordillère côtière extérieure; le schiste argileux micacé ne montre pas non plus ces ondulations fréquentes dans les schistes micacés et chloriteux de Caracas. Cette chaîne se prolonge d'un degré à l'Est au delà du Cap Codera, où elle est constituée, dans le Morro Unare, au bord de la mer, par un calcaire riche en Hippurites et autres fossiles crétacés. Ce terrain affleure de nouveau plus à l'Est à Piritu et dans les monts Paraulata, puis se continue dans les montagnes de Cumana, où il atteint un développement considérable.

Cette partie la plus orientale des montagnes côtières intérieures de Vénézuela, le massif de Cumana, situé au Sud de la basse chaîne plutonique de Paria, s'élargit en un groupe de sommités sillonnées soit par de hautes vallées en terrasses, soit par d'étroites gorges à parois verticales. Le centre de cette région montagneuse de Cumana est formé par la Mesa del Guardian St. Agustin, 3730 m. d'altitude, d'où rayonnent les vallées de Caripe, St. Maria, Periquito, Cocollar et Cumanacoa; à celle-ci s'appuie le plateau de Bergantin. La direction de plus grand soulèvement est W.S.W—E.N.E. Les plus hautes sommités sont le Pionia 2048 m.), Turumiquire (2040 m.), Cuchivano 1560 m.), Guacas (1505 m.), Guacharo (1454 m.) etc.; les versants de leurs vallées sont pour la plupart déchirés par des gorges étroites. Ces hauteurs sont en même temps les points les plus élevés de tout le massif côtier inférieur, tandis que dans les chaînes riveraines septentrionales les plus grandes hauteurs se trouvent dans la partie occidentale (Naiguata 2800 m., Silla 2630 m).

L'extension des éléments divers qui composent ce territoire est aussi variée dans ses proportions que la contrée ne l'est dans son aspect extérieur. En général vers l'Est prédominent les calcaires et les grès, vers l'Ouest au contraire les schistes argileux ont la prépondérance. Ceci est encore plus saillant si l'on y joint la Cordillère de Trujillo et de Merida, dans l'Ouest-Venezuela, où grès et calcaires sont tout aussi subordonnés que les schistes argileux dans le pays de Cumana.

L'assise la plus inférieure du calcaire qui affleure ici dans l'Est sur une grande puissance est une roche divisée en lits minces, de couleur bleu-foncé et à cassure schisteuse; elle contient des géodes de pyrites en grande quantité et enchâsse régulièrement, surtout vers le haut, des rognons ellipsoïdes du même calcaire. A Cumanacoa et à St. Maria je trouvai dans cette roche des traces d'Ammonites, et dans le Cerro de los pilones près de Cumanacoa des restes de Bélemnites.

Ce calcaire bleu-foncé à Ammonites est accompagné d'un schiste siliceux noir, en couches minces, qui affleure très souvent dans les vallées latérales et dans les gorges de la vallée de Cumanacoa à S. Antonio et S. Francisco, et, dans le torrent d'Ipure près S. Antonio, renferme des rognons calcaires dans l'un desquels je trouvai une Belemnite. Sur le même torrent s'élève une paroi de rocher d'environ 100 m. de hauteur, formée par des couches de calcaire gris renfermant ici des fragments du schiste calcaire bleu-foncé que nous avons vu plus haut; il est donc plus jeune que ce dernier. Dans une autre gorge de la même contrée ce

calcaire foncé est surmonté d'un calcaire bleuâtre, contenant l'Inoceramus plicatus d'Orb., fossile que l'on recueille aussi près de Barbacoas (Prov. Trujillo) dans des circonstances de gisement semblables et accompagné de diverses espèces d'Ammonites des étages inférieurs du Crétacé.

Les assises les plus anciennes de ce calcaire alternent avec un schiste argileux foncé qui renferme lui aussi de nombreux rognons calcaires ellipsoïdes; d'autres fois, mais plus rarement, elles alternent avec des grès rouges, par exemple à l'Est de Cumanacoa dans le Cerro de los pilones.

Dans le Morro Unare, le Morro de Barcelona et dans les collines de Catuaro, sur le golfe de Cariaco qui sont en général constitués par des schistes calcaires jaunâtres et des schistes siliceux (ces derniers étant aussi, dans les couches inférieures, de couleur brune ou noire) l'assise la plus inférieure est un calcaire gris à cassure schistoïde, semblable à celui du ruisseau d'Ipure, cependant régulièrement traversé de veines blanches de calcite. Toutes ces couches sont, à ce qu'il paraît, absolument sans fossiles; seulement dans cette dernière, se trouve çà et là, dans le Morro Unare, le même Inoceranuss plicatus que j'observai à St. Antonio de Cumanacoa et que je trouvai aussi souvent (à Periquito, Cocollar, Guacharo, S. Agustin, montaña de S. Maria) dans un schiste siliceux gris ou foncé, surmonté de schistes marneux, argileux et calcaires. Dans la partie moyenne du massif de Cumana affleure dans les localités ci-dessus, de même qu'à Caripe, Cuchilla de Guanaguana, Bergantin, un calschiste jaunâtre à cassure unie, conchoïdale, très puissant, que l'on retrouve sur la côte dans les collines isolées d'Unare, Morro di Barcelona et à Cumana, et qui, à ce qu'il me parut, forme aussi, près du rivage, les îles isolées de Chimanas et las Caracas; il alterne avec des schistes marneux, argileux et siliceux, quelquefois il en est recouvert et est lui-même plus ou moins siliceux ou argileux, selon la nature de la roche voisine.

Sur ce calschiste jaune repose, dans les monts de Cumana, où il forme les plateaux en terrasses, un calcaire compacte, bleu-grisâtre, en bancs ou couches puissantes souvent traversé de nombreuses crevasses irrégulières (parmi lesquelles la célèbre grotte de Guacharo) et formant souvent des tertres isolés; ça et là le mode d'origine de ce calcaire, formé par d'innombrables coquilles (Hippurites) se reconnaît facilement, ainsi à Cumanacoa, Bergantin etc. Je trouvai aussi ce calcaires à Hippurites sur la presqu'île d'Araya, où il repose sur des schistes micacés. Ces assises du Crétacé supérieur, qui à Turumiquire contient des Foraminifères alternent régulièrement avec un grès sans fossiles, toujours coloré en rouge à la surface; dans ses couches les plus anciennes, mais seulement à Cumanacoa, il alterne avec les calcaires à Bélemnites; vers la partie supérieure de ce groupe le grès augmente d'épaisseur. Avec les couches les plus récentes alterne aussi parfois (Cumanacoa, S. Maria, Caripe, Bergantin, etc.) un schiste argileux ou marneux à cassure conchoïdale, souvent clivant en fragments parallélipipédiques; dans son voisinage le calcaire, probablement plus riche en argile, se délite plus facilement et abandonne alors les coquilles qu'il renferme, à l'état de moules internes bien conservés.

Sur le calcaire caverneux à Hippurites, compacte et uniformément gris-bleu des monts de Cumana — dont les assises les plus récentes, apparemment sans fossiles, sont, au Golfe de Cariaco, à Bordones (Cumana), au Toco (Barcelona), au lac Unare, etc., sont bigarrées par des inclusions de rognons argileux de diverses couleurs, et alterne avec des grès également bigarrés —, sur ce système, dis-je, se trouve à Araya, lité avec des graviers, des sables ou des marnes un calcaire poreux ou plus rarement compacte, tacheté de rouge, qui enferme des coquilles marines d'espèces encore vivantes et offre tous les passages à une brèche coquillière blanche.

Ce calcaire tertiaire, qui renferme le Pecten gigas du Cabo blanco près La Guayra, ou peut-être quaternaire, au moins en partie, affleure dans les collines de S. Antonio près Cumana dans les mêmes circonstances de gisement, mais ici on ne peut pas observer la roche sous-jacente. Dans la brèche coquillière blanche et la marne jaune ou bigarrée quelquefois gypsifère, qui à elles deux en forment les couches supérieures se trouvent exclusivement des animaux d'espèces marines actuelles, p. ex. Cerithium atratum Brug., Cer. litteratum Brug., Cer. ferrugineum Say, Cer. zonale Brug., Turbinella nassa Lamk., Monodonta modulus Lamk., Trochus pica L. spec., Strombus gallus L., Conus mas Hovass, Pyrula melongena Lamk., Pyrula galea Chemnitz spec., Pisania Coromandeliana Lamk. spec., Phasianella bicarinata Dunker, Buccinum nucleus L., Bulla media Philippi, Turritella variegata L. sp., Nerita tessellata Gml., Lucina squamosa Lamk., Luc. chrysostoma Philippi, Venus cancellata L., V. Paphia L., V. flexuosa Lamk., Plicatula ramosa Lamk., Ostrea parasitica Gml., Cytherea convexa Say, Cyth. albina Lamk., Cardium medium L., Arca lactea L., Fissurella Listeri Gray, Fiss. nodosa Lamk., Tellina solidula Solander, Tel. remies L., etc. Un calcaire de couleur semblable, rouge moucheté, mais compacte, et contenant des Pecten, Ostrea, Echinus, etc., se trouve aussi à l'Ouest de ces points, dans les districts côtiers avoisinants de Clarines, Morro Unare, Piritu, etc., ce calcaire paraît aussi être contemporain de celui d'Araya.

Au bord méridional du massif de Cumana, sur l'Amana et le Querecual, affleure un calcaire gris,

sableux et argileux, avec des pétrifications (Donax, Cerithium, Cardium, etc.) qui le parallélisent avec celui de S. Antonio près Cumana; il alterne avec un grès gris à empreintes de feuilles et débris de coquilles, et des argiles mouchetées qui à d'autres [en droits] des Llanos (St. Felix, Urica, Pao) renferment du gypse; il affleure en outre à Mucujucual, alternant avec un conglomérat coquillier. Le grès gris forme ici aussi des bancs assez puissants et offre quelques alternances de graviers et de bancs de cailloux; d'autrefois il passe au conglomérat proprement dit.

Des brèches coquillières et autres conglomérats de même nature que ceux de Cumana (St. Antonio), tertiaires et quaternaires, forment des couches parfaitement horizontales sur la presqu'île peu éloignée d'Araya (de même qu'à Pt. Cabello et dans les îles environnantes de Guayguasa et d'Alcatraz; elles couvrent aussi la plus grande partie de la presqu'île de Paraguana).

Après le calcaire, le grès est la roche la plus répandue du massif de Cumana; il paraît en outre, sauf quelques-unes des couches supérieures, être toujours privé de fossiles. Dans l'étage inférieur du Crétacé le grès proprement dit est rare, il est alors remplacé par des schistes siliceux foncés, à Inocerames. Le grès qui affleure ici est blanc et contient des paillettes de mica, par exemple à Cumanacoa, sur le Purgatorio (près St. Agustin) et à Bergantin. Dans cette dernière localité il devient rougeâtre à l'air, et se trouve à la limite du Crétacé supérieur. A un seul endroit, dans le Cerro de los pilones près Cumanacoa j'ai observé dans cette division, alternant avec le calcaire à Belemnites, un grès d'un brun-rougeâtre, qui, très puissant dans le Crétacé supérieur, en devient un membre caractéristique. Comme je l'ai déjà dit, ce grès rouge particulièrement puissant dans les bords Sud et Ouest du massif de Cumana, y représente l'assise la plus récente du Crétacé supérieur. Dans le Baranquin près Cumana et dans le Rotundo sur le golfe de S. Fé les couches supérieures de ce grès alternent avec de minces lits d'un schiste argileux rouge ou moucheté de jaune, contenant des coquilles et des empreintes de plantes. Dans le Bergantin se trouve aussi, intercalé dans le grès rouge, un complexe de marnes et d'argiles durcies, et de quartzites, qui, du côté d'Ouest, réapparaît pour la première fois à Uchire, sur la rive Sud du lac d'Unare. Au pied Nord du Bergantin, dans le voisinage d'Araguita sur le Nariqual un groupe d'autres couches semblables de quartzites, assez puissantes, et de schistes argileux micacés foncés enferment des bancs de houille qui atteignent environ 1 mètre de puissance. Dans les collines de St. Antonio (Cumana) et dans des couches analogues sur la presqu'île d'Araya, mais plus puissant encore au bord Sud du massif de Cumana, on trouve, accompagnant le calcaire que nous avons rapporté tout à l'heure au tertiaire, un grès fin, gris, argileux, renfermant quelquefois (à Oregano sur l'Amana) des grains verts et des débris de coquilles, ou aussi des emproìntes de plantes; à Mucujucual (et aussi à Capaya, Prov. de Caracas) un grès semblable, mais plus calcaire, renferme de belles coquilles de mollusques marins actuels. Les couches inférieures de ce grès alternent souvent avec des lits de graviers et de cailloux provenant de roches du Crétacé inférieur, et l'on observe en général toutes les transitions à des conglomérats ou à des poudingues (Puddingstones), qui sont formés alors de cailloux de la grosseur du poing du schiste jaunâtre siliceux et calcaire, du quartzite, du calcaire rouge bigarré, plus rarement du calcaire bleu-foncé et du calcaire gris veiné de calcite. Je trouvai également dans ces poudingues, près de Mucujucual et de Clarines des coquilles de mollusques marins actuels. Le ciment de ces deux sortes de conglomérats se compose d'une masse fondamentale grise, quartzeuse, qui en se délitant prend parfois une teinte rougeâtre. Un autre conglomérat, formé des mêmes éléments de schistes siliceux ou calcaires, et qui paraît occuper la partie supérieure, recouvrant la plupart du temps une marne jaune tachetée de rouge et souvent gypsifère, souvent aussi recouvert par elle, a un ciment rouge quartzeux.

Les roches argileuses sont, dans le massif de Cumana, subordonnées aux calcaires et aux roches quartzeuses. Elles gisent tantôt en alternance avec les calcaires et les schistes siliceux du Crétacé inférieur, et sont représentées alors par des roches dures, foncées, finement schisteuses, tantôt par contre, à l'état de couches friables, jaunâtres, entre les calcaires, à la limite des Crétacés inférieur et supérieur. Un schiste argileux bleuâtre, se délitant en rognons à cassure conchoïdale, se trouve à la partie supérieure des grès de Loma de la Virgen; il alterne aussi avec les schistes calcaires bleus foncés du Crétacé inférieur du Bergantin sur le torrent du Mondongo. Ce schiste devient plus important et en même temps plus puissant dans les montagnes d'Uchire et de Cupira, à l'Ouest d'Unare. Là il alterne avec des quartzites souvent redressés verticalement et qui ici, sur le fleuve du Panapo, forment des parois perpendiculaires, dans les contreforts voisins de la mer. J'ai parlé de l'argile schisteuse à paillettes de mica et empreintes de feuilles de S. Maria, S. Fe etc., à propos des couches de grès qui l'accompagnent.

Dans les collines de St. Antonio (Cumana), comme aussi dans les formations équivalentes de la presqu'île d'Araya, près Maniquarez, située vis-à-vis du côté du Nord, les calcaires coquilliers tertiaires et les grès et conglomérats alternent avec une argile jaune ou rouge-brun qui renferme des cristaux de gypse souvent

d'une abondance extraordinaire, du sel gemme en proportions variables, ordinairement aussi des débris de coquilles. Sur Araya cette argile fut autrefois exploité à cause du sel; le minéral, extrait du sol par les eaux de pluie, se déposait, à la saison sèche, par l'évaporation de l'eau qui s'amassait en petits lacs entre les collines formées par cette argile. Sur la côte on exploite encore maintenant une argile semblable, comme par exemple à Hatillo sur la rive gauche de l'Unare, tandis que maintenant le sel est extrait à Araya ainsi que des lacs Piritu et Unare par évaporation de l'eau de mer; on le tire de la même manière de quelques petits étangs et canaux situés à l'Ouest de ces lacs, ainsi que sur les iles Roques.

A Cumana cette argile jaune rougeâtre contient çà et là des quantités assez considérables de mercure métallique, de même que dans d'autres localités de la côte jusqu'à Panama; l'on a aussi observé cela quelquefois dans l'intérieur du pays. Je vis, dans les cours d'eau qui, au-dessus de Bogota, se sont creusé leurs lits dans une marne analogue, du mercure métallique que les habitants récoltent quelquefois en petites quantités. Sur le versant du Turumiquire je trouvai, dans une marne sableuse, des parties du squelette d'un gigantesque mammifère (Megatherium?). Humboldt recueillit près de Cumanacoa des ossements d'éléphant.

La partie médiane de la moitié orientale du Vénézuela septentrional forme la province de Barcelona. Comme la chaîne côtière, extérieure, plutonique, est interrompue totalement de Punta Araya jusqu'au cap Codera, c'est-à-dire de 64° 33' à 66° de longitude occidentale, la chaîne côtière intérieure, à l'occident du massif de Cumana, soit de la rivière de l'Aragua jusqu'au Rio et Morro Unare, cette chaîne, dis-je, n'est constituée que par une série d'élévations peu considérables et discontinues, formant les montagnes surbaissées du Paraulata. Dans cette région des roches sédimentaires je n'observai point le Crétacé ancien, mais vis çà et là des couches qui pourraient appartenir aux étages les plus récents de ce terrain. Je vis, au nord du morro Piritu un calcaire bleu-grisâtre caverneux appartenant à la formation crétacée supérieure, semblable à celle de Puerto Cabello (S. Esteban). Des calcaires bleus et mouchetés de rouge, tertiaires peut-étre, et des grès fins, argileux, tachetés de jaune ou de rouge, quelquefois aussi gris, telles sont les roches que l'on trouve ici sur la côte septentrionale, redressés tantôt au Sud tantôt au Nord et recouvertes en discordance par de puissantes assises horizontales de graviers que je suppose quaternaires, de grès gris et d'un schiste calcaire blanc, à cassure terreuse, sans fossiles, alternant avec les grès, et particulier à cette région. Près de la ville de Piritu affleure un calcaire tertiaire blanc riche en Echinides. A Clarines sur l'Unare, de même que nous l'avons vu pour l'Araya et pour toute la côte de cette partie, apparaissent des argiles salines ou gypsifères à coquilles marines actuelles et qui furent par ci par là exploitées pour en tirer le sel gemme. Ici cette argile repose sur un conglomérat contenant des huîtres et autres fossiles marins.

Le versant sud de ce chapelet de collines s'étale jusque dans les vastes plaines, les „Llanos", qui atteignent presque l'Orénoque. Leurs eaux ne coulent cependant pas au Sud ou à l'Est vers l'Orénoque, mais se dirigent au Nord vers la mer des Antilles, en se déversant dans l'Unare qui arrive à la mer au pied du Morro Unare. Les ondulations, nommées „mesas", „llano alto", du Tucusipano et du Guanipa, qui dans leurs parties les plus élevées atteignent environ 250 m., forment vers le Sud la limite du bassin de l'Orénoque, de même que des hauts-plateaux analogues, qui s'adossent au massif de Cumana: la mesa de Urica et celle de Sala bornent à l'Est les Llanos de Barcelona. A l'Ouest la ligne de partage des eaux de l'Orénoque et de celles de l'Unare est dessinée par des élévations sans importance. Tout ce territoire des Llanos de Barcelone et de Cumana se compose de couches de marnes de sable, de gravier et de conglomérat; il est raviné par des cours d'eau profondément encaissés, aux parois verticales, nommés „barranco", qui le divisent en „mesas". Presque toujours j'observai une couche de grès ou de conglomérat d'un mètre de puissance, ou ses produits de décomposition, recouvrant la surface des mesas; dans la règle cette couche repose sur une marne bigarrée, sableuse. Ce conglomérat, composé de cailloux de calcaire, de silice et de grès reliés par un ciment quartzeux, empêche que les mesas ne soient trop érodées et détruites par les pluies des tropiques. L'érosion se produit sur les bords des mesas, après que les conglomérats et les grès se sont peu à peu décomposés et délités. Les ravins s'élargissent ainsi progressivement, sous l'action des hautes eaux qui en minent les flancs marneux et escarpés et en provoquent l'éboulement. Après la saison des pluies, les cours d'eau se resserrent dans un lit étroit, et se réduisent enfin à quelques flaques ou se dessèchent complètement. Il se passe ici, d'une manière ralentie, le même phénomène qu'on observe sur une petite échelle à Carora (Prov. de Coro) depuis 1830. Ici la surface de la plaine était autrefois couverte d'une luxuriante végétation; les troupeaux de chèvres en usèrent, semble-t-il, avec trop peu de ménagements; de telle sorte que cette couche superficielle ne put plus résister à l'écoulement des eaux après les inondations annuelles, mais, fut sillonnée de nombreux sytèmes de ruisseaux et de petits affluents rayonnant des parties les plus dures, riches en fer et en quartz. Ces cours d'eau ont maintenant creusé la plaine jusqu'à une profondeur considérable; chaque année, au temps des

grandes pluies et des inondations, leurs flancs abrupts, et même la surface marneuse de la plaine, sont peu à peu enlevés, et plusieurs milliers de mètres cubes de terre compacte sont emmenés au Tucujo et à la mer des Antilles.

La division la plus occidentale, la troisième, de la moitié orientale de cette chaîne côtière intérieure commence à la côte gauche de l'embouchure de l'Unare. Cette élévation atteint bientôt, au Morro Unare, une hauteur moyenne de 1000 m., et de 1500 m. dans le Palomita et l'Alta gracia (66° 20'); elle s'étend à l'Ouest jusqu'au Cuipe près Tinaquillo (68° 25'), où elle se raccorde à l'extrémité nord-est de la chaîne de Merida. Le versant nord et l'extrémité occidentale de cette chaîne intérieure se composent, comme je l'ai indiqué plus haut, de roches métamorphiqnes, plns à l'Ouest de roches granitiques; le versant sud et l'extrémité orientale de couches sédimentaires crétacés.

Entre les deux chaînes côtières je n'observai nulle part de roches crétacés non métamorphisées, mais j'en vis sur le côté nord de la chaîne intérieure, qui vers l'Est, dépasse la chaîne extérieure (65° 30'—66°). Ici l'on observe sous le calcaire caverneux bleu-clair du Crétacé supérieur, alternant avec des grès argileux gris, et renfermant, sur le fleuve Chupaquire, des lits de houille, on y trouve, dis-je, les calcaires en bancs minces bleu-foncé, et à Ammonites, du Crétacé inférieur. Sur le revers sud affleurent des schistes jaunâtres, siliceux, calcaires et marneux du Crétacé supérieur, se délilant facilement en fragments parallélipipédiques et qui se décomposent difficilement.

Entre ces deux chaînes on peut suivre le Tertiaire et le Quaternaire, en venant de l'Est, dans le val de Tuy jusque dans le voisinage d'Araguita, au Sud-Ouest de Caucagua. A Curiepe, au Sud du Cabo Codera, qui se compose de roches métamorphiques plongées de 75° au Nord-Ouest (micaschistes et schistes amphiboliques), on trouve, s'appuyant sur ces couches, d'autres assises d'un pied dépaisseur formées par des coquilles encore bien conservées de Tellines, Lucines, Cardium, Bulimes, Venus, etc.; ce système est recouvert par des bancs d'un à deux m. de puissance d'une argile jaune traversée à plusieurs reprises par un réseau de plaquettes de gypse ou de calcaire, ou y intercalées. A Capaya des calcaires gris sableux alternent avec des grès, des argiles et des marnes, qui toutes renferment des quantités souvent considérables des coquilles observées à Cumana et énumérées à la page 9. Sur le Merecure, entre Capaya et Caucagua, un schiste argileux bleu, intercalé entre des grès gris et conglomérats contient de nombreux Cérithes. Un calcaire à Scalaria affleure sur la Quebrada de Siquire, où apparaissent également les couches à coquilles de Curiepe. A la Hacienda de Siquire, non loin d'Araguita on observe un calcaire dur, cristallin, à nombreux restes fossilifères, disposé en couches de puissance considérable, et alternant avec des argiles sableuses et bien litées, ou calcifères et traversées de nombreuses veines calcaires blanches; il alterne aussi avec des grès en partie fins et de couleur grise, en partie rougeâtres, argileux et passant à des conglomérats quartzeux. On constate du charbon sur les sources du Siquire. A Sta. Lucia ce grès argileux renferme souvent du gypse en quantité assez considérable. A l'Ouest de Sta. Lucia, sur le Guayre, de Sta. Teresa à Cua, les collines sont formées d'argile rouge empâtant des fragments de quartz blanc qui rappellent ceux de La Guayra; ce système recouvre les roches effrittées des deux chaînes côtières qui, plus à l'Ouest, affleurent toujours plus fréquemment.

Ces jeunes sédiments, pour autant que je l'observai, ne recouvrent pas le pied nord de la chaîne côtière intérieure, mais plutôt le pied sud de la chaîne septentrionale; des couches analogues, comme je l'ai dit à page 8, ont été constatées sur le pied nord de cette dernière chaîne jusqu'à environ 20 m. d'altitude; ces faits démontrent qu'un dernier et faible soulèvement de cette région a affecté la chaîne extérieure plus que l'intérieure.

Le pied sud de cette partie de la chaîne intérieure, à partir du 66° 40' à l'Ouest, ne passe pas immédiatement aux plaines de l'Orenoque, aux Llanos, mais se nivelle successivement au moyen de plusieurs chaînes parallèles qui deviennent toujours plus basses vers le Sud et dont la plus méridionale, la plus basse aussi, est nommée Galera. Tout ce pays, jusqu'aux Llanos, est constitué par les différentes assises, pour la plupart fortement redressées, du Crétacé; le Crétacé supérieur y est fort bien représenté; sous ses calcaires et ses marnes, pour la plupart de faible épaisseur, affleurent ici et là les calcaires bleu-foncés à Ammonites du Crétacé inférieur. Çà et là dans la région occidentale percent quelques roches plutoniques sous les couches crétacées.

Au Sud du lac de Valencia, à Villa de Cura, on observe le passage des roches métamorphiques du massif côtier intérieur à celles du Crétacé supérieur. Sur les Diabases serpentiniformes, sur les schistes ardoisiers à mica et chlorite, sur les calcaires et quartzites sans fossiles viennent ici des schistes argileux, calcaires, gréseux ou marneux, qui contiennent en partie les fossiles constatés sur l'Unare et dans le pays de

Cumana. Les schistes argileux et marneux qui prédominent ici deviennent vers le Sud toujours plus quartzifères et plus sableux, et dans le bas chaînon de „Galera", le plus méridional, dirigé de l'Est à l'Ouest et bornant la plaine de Calabozo, ces roches sont presque entièrement remplacées par des quartzites. Dans le milieu de ce territoire, c'est dans les morros de S. Juan et de S. Sebastian, dirigés W.S.W.-E.N.E. que le calcaire affleure avec la plus grande puissance. Il consiste en partie en lits puissants d'une roche compacte, gris-bleu clair, le plus souvent pauvre en fossiles et contenant çà et là de grandes cavités; elle alterne à la partie supérieure avec d'autres couches formées presque entièrement de coquilles d'Ostréacées, d'Hippurites, de Turritelles, de Polythalamies, etc., de même qu'avec des schistes marneux et argileux et avec des bancs de conglomérats. Sur le col situé entre les deux morros les plus élevés, et qui se compose de schistes marneux jaune décomposé, je fis une abondante récolte de ces fossiles. Quant à la valeur de l'angle de plongement du calcaire des morros, qui court en moyenne SE-NW, je ne pus de longtemps la déterminer définitivement, car la roche est traversée de faux joints, comme l'est aussi souvent dans cette région le schiste argileux du Crétacé supérieur, jaune, quartzeux et se délitant en fragments prismatiques obliques. Sur ce col cependant j'observai ces calcaires alternant avec les schistes argileux et leur trouvai un angle de redressement de 75°—80°, de même que pour les calcaires foncés à ammonites de Malpaso, etc. Mais indubitablement les brèches à foraminifères et les schistes marneux de la contrée des morros plongent sous un angle plus faible (35°—40°). Les plus inférieurs de ces bancs calcaires de St. Juan sont compacts, sans fossiles, traversés de veines de calcite. Une couche de la même roche, étendue, assez puissante, plongeant 45° SW affleure à Villa de Cura; elle est recouverte de schistes marneux bruns, tombant facilement en fragments parallélipipédiques, et se décomposant aisémeut. D'autres schistes marneux de même nature, quoique plus sableux, forment à St. Juan la roche prédominante et alternent ici avec une argile le plus souvent bleuâtre et composée de fragments amygdaloïdes, à cassure conchoïde. Cette argile apparaît aussi dans la division orientale de cette chaîne à Uchire, Panapo, Cupira, la plupart du temps assez puissante, et affleure de même dans le massif de Cumana, dans la Loma de la Virgen. La marne argileuse passe quelquefois à un calcaire qui dans ce cas est intercalé aux roches argileuses en couches de 0,5— 2 dm., et souvent contient des Polythalamies en grande abondance (de St. Juan à Ortiz). A Ortiz j'y observai aussi une Turritelle. Entre les couches de marnes argileuse sableuse se trouvent quelquefois des bancs de conglomérats et des brèches; les noyaux argileux étant séparés, isolés par les éléments de la marne sableuse, ou le sable, augmentant de quantité, enferme des cailloux de schiste quartzeux et ardoisier; ici aussi on trouve des Turritelles (St. Juan) et très souvent des Polythalamies, qui sont caractéristiques pour tout ce système et qui à Parapara apparaissent de même dans une couche de sable. Les brèches et conglomérats se composent en partie de fragments assez considérables de quartzites (St. Sebastian), en partie de débris des schistes argileux et, à ce qu'il paraît, de cailloux du Crétacé inférieur (Parapara) qui sont cimentés par un sable gris argrileux dans lequel je n'ai trouvé, en fait de pétrifications, que des Polythalamies.

Sous les calcaires, argiles et conglomérats des morros de St. Juan affleurent vers l'Est, dans le lit du Guarico, des roches diabasiques, chloritiques ou quartzeuses et des conglomérats; en général, du côté du Sud et de l'Ouest, dans le Cerro azul, la Platilla, le Flores, etc., les roches sont plus fermes bien que stratifiées de la même manière que près de St. Juan. A St. Franzisco, an Sud de St. Juan de los morros s'y intercalent des couches à l'aspect de jaspe. A deux lieues à l'Est de cet endroit j'observai des calcaires à foraminifères et térébratules. La plus inférieure des couches sédimentaires observées ici par moi est un schiste argileux noir, siliceux, dont les fragments se retrouvent dans les poudingues. De même le quartzite jaunâtre des roches de la Galera, courant W.S.W.-E.N.E., est divisé en couches de 1—1,5 dm. de puissance qui fréquemment alternent avec des argiles de faible épaisseur, dans lesquelles on peut très bien observer que chacune de ces couches est due au dessèchement d'une boue à Polythalamies, qui pendant ce dessèchement se crevassa en fragments anguleux irréguliers; des cristaux de quartz se déposèrent sur les faces verticales de ces fragments, précipités de l'eau qui remplissait les fissures et qui contenait en suspension des substances entraînées. Dans les fissures qui traversent souvent les calcaires la surface de la roche est fréquemment recouverte de cristaux de calcite entre lesquelles apparaissent ordinairement des cristaux de quartz couchés sur les faces du prisme. Une association analogue de ces deux espèces se trouve aussi dans les cavités des moules d'Ammonites. Sur les schistes argileux je vis des empreintes en relief ou en creux qui rappelaient les traces bien connues de Chirotherium. A Parapara la surface des bancs calcaires inférieurs aux argiles prend une texture cristalline prismatique, analogue aux pseudo-cristaux de sel gemme, ici divisés en prismes verticaux dont les interstices sont remplis de calcite amorphe; j'observai une structure semblable à Velez, au Nord de Bogota, à la surface des calcaires inférieurs aux argiles.

Dans les vallées affleurent des couches horizontales, souvent très puissantes, d'argile, de marne et

cailloux; ceux-ci consistent en fragments des couches en place du voisinage, surtout de quartzites, plus rarement de calcaires ou des variétés dures de conglomérat sableux; au Sud de Parapara ils se composent de grès rouge de la Galera ou d'un grès bigarré cimenté avec de petits fragments de calcaire et dont les têtes de couches affleurent fréquemment au pied méridional de la Galera dans les Llanos de Calabozo, où il alterne avec de puissantes couches de marne. A St. Juan on a trouvé dans ces marnes des squelettes de Megatherium.

Cette Galera s'abaisse vers le Sud jusqu'aux vastes plaines qui, interrompues seulement par quelques hauteurs isolées de peu d'importance, s'étendent jusqu'à l'Orénoque et qui portent fréquemment le nom de plaines de Calabozo d'après la ville située en leur milieu, par 9° lat. nord. Les plaines gisant au Sud et à l'Est de cette ville, mais que je ne visitai pas moi-même, doivent. d'après ce qu'on m'en a communiqué, être semblables à celles de Barcelona et de Cumana dont j'ai parlé plus haut, tandis qu'au Nord et à l'Ouest, du côté du massif de Mérida et des Andes (à l'exception de l'Apure inférieur et de l'Arauca), la puissance des couches horizontales du terrain d'alluvion (Alluvium et Diluvium) diminue de plus en plus; les roches stratifiées, généralement faiblement relevées contre le Sud, affleurent sous les marnes friables, les sables et les cailloux, et forment des mesas et des bancos, qui s'élèvent légèrement au dessous de la surface générale de l'alluvion, avec des pentes très douces du côté de l'Ouest et de l'Est. Ces roches solides des Llanos sont principalement des grès plus ou moins grossiers alternant avec des marnes et des schistes argileux, plus rarement avec des roches calcaires. Ou bien ces grès sont assez friables, blancs, quartzeux, couleur de rouille à la surface, et sans fossiles; ou bien ils sont gris, calcaires, passant quelquefois à des couches de calcaire qui atteignent jusqu'à 1 m. d'épaisseur; ils sont alors divisés en carreaux (Quebrada del Coco près la rivière de Tismados à l'Ouest de Calabozo) et renferment cà et là, comme les argiles, des traces de végétaux: feuilles de Dicotylédones, Graminées et Fougères, plus rarement des coquilles d'eau-douce. J'observai quelques unes de ces dernières dans une argile schisteuse qui, au Sud de Pao (dans la Quebrada del Potrero), recouvre le pied de la Galera, puis dans un schiste argileux qui, sur la Mesa de Huises, au Nord de la petite ville de Baul, accompagne un grès très fritté, rougeâtre, quartzeux, plongeant d'environ 5° au NNO. Ces couches la plupart quartzeuses, peu inclinées, rarement fossilifères, et sur lesquelles repose le Diluvium, doivent être attribuées, me semble-t-il, à la période tertiaire.

A part quelques collines et chapelets de collines de la limite sud du bassin de l'Unares et que je ne visitai pas, l'élévation la plus importante de la partie sud de ces Llanos de Vénézuela est un groupe de collines peu considérable qui s'étend du confluent du Cojede et du Tinaco à l'Est jusqu'à la rivière Chirgua, et dont les points culminants peuvent atteindre 800 m. Quand on s'en approche du Nord ou de l'Est, on en atteint les premiers détachements à l'Est à St. Bartholo sur la Chirgua, 68° long. occid., au Nord au point de partage du torrent du Pao en deux bras; ce sont des collines basses, interrompant la vaste plaine. A quelque distance de là je crus retrouver le grès rouge de Cumana; dans le voisinage on observe la roche granitique qui, amassée ici en gros blocs, forme ces collines, probalement comme résultat de la décomposition de massifs de granit.*) Outre ces collines de granit on en trouve d'autres formées de couches de syénite et autres roches plutoniques analogues, dans lesquelles le même granite alterne en partie. Elles s'élèvent au-dessus de la plaine horizontale sur une étendue de 200 kilomètres, du Sud au Nord. Le versant de ces massifs plutoniques n'est pas recouvert d'alluvion; on n'en trouve point non plus les débris dans la plaine d'alentour. A l'Ouest le granit massif devient plus rare, au contraire les couches plutoniques stratifiées augmentent en importance et forment en partie des chaînons plus élevés, continus. L'angle de plongement de ces couches s'élève en moyenne à 45°, leur direction semble le plus souvent être WSW. — ENE; cependant elle est différente dans les différents groupes.

Presque régulièrement le granit est coloré en rouge à cause de la teinte du feldspath; rarement il est blanc; outre le mica noir il contient la plupart du temps de l'amphibole; dans quelques collines la roche est finement grenue; dans le granit massif les cristaux de feldspath atteignent parfois un décimètre de longueur; on trouve toujours des blocs traversés de couches de 5—12 cm d'un grès qui empâte du mica et de

*) Ces collines crevassées de granit, dans la roche desquelles on trouve de beaux cristaux de feldspath couleur rose-chair et de très grande taille, me font l'effet d'être les sommités de quelque massif recouvert par les couches sédimentaires des Llanos, peut-être d'une ramification septentrionale du massif de la Guyane. Humboldt vit du granit rouge à l'embouchure de l'Apure dans l'Orénoque et aussi dans la Sierra Baraguan (67° long. occid., 6—8° lat. nord). Schomburgk trouva du granit et du gneiss à feldspath rouge sur l'Essequibo près des stations d'Ampa et de Ruppu par 6° 28′ 47″ lat. nord et 4° 12′ lat. nord. Je me souviens seulement d'avoir observé du granit rouge dans le massif volcanique de l'Azufral et du Chimborazo, à l'état d'inclusions dans l'andésite et sous forme de cailloux. Wolf en trouva dans la partie sud de l'Ecuador.

l'amphibole, souvent aussi de petits cristaux de feldspath; c'est surtout le cas dans le voisinage de la surface des couches, sinon dans toute la masse. Quelques couches sont aussi un mélange intime de grains de quartz et de petits cristaux de feldspath; d'autres ne consistent qu'en feldspath en petits grains intercalés d'amphibole et de mica. Au Caño de Aceite le granit massif, qui forme ici un dôme arrondi, s'élevant peu au-dessus de la plaine, est recouvert d'un côté par des schistes argileux micacés, des quartzites, et d'autres couches susmentionnées, plongeant de 80°. Quelques milles à l'Est de ce cañon, à St. Juan, dans le voisinage du Pao viejo, j'observai une association analogue de ce granit syénitique avec des roches stratifiées; il est même en partie recouvert par un quartzite, un grès grossier concrétionné blanc à la cassure, jaune à l'extérieur. Ce quartzite est ici assez répandu,*) et alterne avec un schiste argileux bleu ou rougeâtre, et avec une brèche finement grenue composée de fragments de quartz et de schiste argileux bigarré. Il n'y a point de calcaire ici; par contre on trouve des couches chloriteuses, serpentineuses. Dans le voisinage du Rio Cojede les assises supérieures du complexe qui affleure, plongeant en général de 45°—55° au S.E. ou au N.W., sont un schiste argileux bleu ou brun presque pas métamorphosé, ou des brèches de ce schiste. Celles-ci reposent sur un schiste argileux quartzeux partiellement presque converti en jaspe, dont le substratum est un grès vert, un schiste argileux silicifère à grains d'olivine, et cette même brèche finement grenue, qui est devenue ici cristallino-porphyroïde. Cette roche, qui passe en partie presque à un porphyre, alterne ici avec des masses feldspathiques ou amphiboliques à grains excessivement fins, et renfermant des cristaux de feldspath d'assez grande taille, jaunes ou rougeâtres.

Nulle part, dans cette Galera del Baul, je n'ai trouvé de restes organiques qui eussent pu me renseigner sur l'âge de ces roches; la brèche à grains fins est cependant, par sa texture et ses conditions de gisement, tellement semblable à celle à Polythalamies de Pao, de St. Franzisco et de Parapara, qu'on est tenté de supposer que les deux sont du même âge et que cette roche, sous l'influence des masses et des forces plutoniques qui ont occasionné le soulèvement, a donné naissance aux porphyres et aux syénites. La direction générale des roches stratifiées, de W.S.W.—E.N.E., dans les collines qui courent du Nord au Sud à la partie orientale de la Galera del Baul, semble démontrer que leur soulèvement appartient à l'époque crétacée, que par conséquent il serait contemporain de celui du territoire de St. Juan de los Morros, Ortiz, Parapara, etc.

Pas plus que dans ces hauteurs granitiques du Baul on ne trouva jusqu'à maintenant dans les vastes montagnes cristallines de la Guyane des fossiles qui eussent pu fournir des données quelconques concernant leur âge géologique. Les descriptions d'Humboldt, de Schomburgk et de Codazzi s'accordent à considérer tout le territoire au Sud et à l'Est de l'Orénoque jusque près de l'équateur, comme composé de groupes et de séries de collines ou montagnes de granit micacé, auxquelles sont appuyées des couches de syénite de roches métamorphiques. Les membres supérieurs de ce complexe plutonique sont, d'après R. Schomburgk, recouvert de grès et de conglomérat.

Ces grès et conglomérats rouges et bigarrés forment d'après cet auteur la limite des bassins de l'Orénoque d'une part, de l'autre de l'Essequibo et des affluents du Riobranco qui se jette dans le Rio negro et le fleuve des Amazones. Schomburgk poursuivit ces montagnes de grès de Cujuni (7° lat. nord, 60° long. occid.) au Sud par dessus les monts de Roraima et d'Humirida, puis à l'Ouest par le massif de Pacaraima jusqu'au Maraguaca (4° lat. nord, 66° long. occid.) et au Duida Humboldt trouva formés de granit ces deux derniers massifs (Voyages, tome VIII, 144). Comme sommets principaux situés dans le voisinage des extrémités orientales et occidentales de ces chaînes, Codazzi détermina le Roraima (2400 m), et le Maraguaca (2508 m), voisin du Duida du côté du Nord-Est. Par les bassins du Catinga et du Tucuta cette formation gréseuse s'avance au Sud dans le Brésil; une étude approfondie des Guyanes la montrera sans doute s'étendant beaucoup plus loin.

Sur l'Essequibo Schomburgk remarqua aussi du basalte, dans le massif d'Ouropocari, par 4° 40′ lat. nord. Attwood observa de même des filons de cette roche dans le voisinage de l'Orénoque sur l'Upata près Caroni entre Puerto de Tablas et Curatal; ces filons percent cà et là les masses diabasiques traversées de veines quartzeuses aurifères, de même que les granites, gneiss et schistes azoïques, qui sont les roches prédominantes de la contrée.

Schomburgk trouva dans le massif d'Humirida, en alternance avec les grès rouges ou bigarrés, des lits de jaspe; ici comme dans les monts de Cunucu (Cursata) au Catinga Tucuta, etc., on observe fréquemment des cailloux de jaspe ou de calcédoine. Tout cela rappelle vivement les grès tertiaires des plaines de Calabozo et de

*) La Mesa de Calabozo est formée par un conglomérat cimenté par une argile quartzeuse rouge et composé de fragments arrondis, de la grosseur du poing, d'un quartz blanc compacte; un poudingue analogue compose, comme je l'ai dit plus haut, les hauteurs des Llanos de Barcelona situées à l'Est de cette mesa.

Coro, de même que les groupes de collines granitiques du Baul. Schomburgk aussi trouva les grès des plaines basses recouverts par des argiles brunes, jaunes ou bigarrées, sableuses, dans lesquelles gisent épars des fragments de quartz et des cristaux de quartz libres; tout-à-fait les mêmes circonstances que j'observai au Nord de l'Orénoque dans le territoire tertiaire. Les rochers granitiques de la Guyane paraissent, d'après les communications d'Humboldt et de Schomburgk, être crevassés dans les directions les plus diverses et divisés à la surface en blocs gigantesques, tout comme je les observai dans les collines de la Galera del Baul (page 14). Ces granites eurent probablement à subir différents soulèvements, et les grès rouges, micacés dans les monts d'Humirida pourraient bien être du même âge que les grès de nature analogue qui composent les mesas des plaines de Calabozo. A cause de leur couleur rouge Schomhurgk nomme ces grès „old reth"; cependant il me semble que ces couches, de même peut-être que celles qui forment l'important district gréseux du Brésil, ne sortirent de la mer qu'à l'époque tertiaire.

Le territoire du Crétacé supérieur limite vers le Nord les plaines tertiaires de Vénézuela, et est particulièrement facile à reconnaître à Ortiz et à Parapara à cause des nombreux Foraminifères en forme de Nummulites qui s'y trouvent. Il s'étend à l'Ouest par Pao, St. Carlos, Altar, Sarare jusqu'au pied du massif de Trujillo et de Merida; à l'Est, il se prolonge avec le Crétacé inférieur dans le Morro Unare et, après une courte interruption dans les plaines tertiaires de Barcelona, il atteint enfin un développement considérable dans le massif de Cumana.

Entre St. Carlos et Altar, le district des couches à Polythalamies est recouvert de grès micacé rougeâtre, de schiste argileux de même couleur et de chapelets ou lentilles de quartzites, dont les débris sont dispersés dans toute la contrée. Dans la première de ces localités on trouve des places où l'argile rouge est parsemée de cristaux de quartz isolés plus ou moins complètement formés.

Sous cette argile à Polythalamies, qui borne du côté du Nord les Llanos de l'Orénoque, de même que sous les calcaires et brèches du Crétacé supérieur, on observe çà et là, comme je l'ai mentionné, la roche calcaire ou siliceuse, en petits bancs, du Crétacé supérieur, avec Ammonites et Inocérames. Elle se trouve par exemple au Cerro de Flores, à Malpaso entre St. Juan et Parapara, entre Pao et Orituco.

Le grand angle sous lequel plongent ordinairement toutes ces couches du Crétacé qui affleurent entre la chaîne littorale et les Llanos semble indiquer que ces assises, à l'époque du soulèvement du massif littoral, ici large de près d'un degré, furent brisées, redressées et refoulées toutes ensemble, dans la direction de la chaîne.

Je n'ai pas trouvé de roches volcaniques dans le territoire de l'Ouest-Vénézuela que je viens de passer en revue; cependant de nombreuses sources tièdes ou chaudes attestent une activité de ce genre; j'observai par exemple au pied S.-W. du massif de Cumana, dans le voisinage d'Urica, au nord de cette localité, à Amana, une source de 45° et une autre de 53°. — Sur le pied septentrional de ce massif, entre Cumana et Cariaco sur le golfe de Cariaco, surgissent plusieurs sources de 34°. Au Sud du lac d'Unare, dans les monts de Catuaro, j'en vis une de 45°. A Calabozo je trouvai pour la source des bains „La Mision", une température de 29° (température atmospérique 6 h. du matin 25°, 6 h. du soir 27,5°); une autre source à Guarda Tinajas avait 28°. — Dans les Llanos d'Orituco, à St. Sebastian et en d'autres lieux jaillissent plusieurs sources dont je ne pus mesurer la température. A St. Juan de los Morros, celle d'une source à hydrogène sulfuré s'élevait à 36,3° (Humboldt observa 31,3°). A Onoto, au Nord du lac de Tacarigua (de Valencia) se trouve une source de 43,75° (Boussingault avait mesure 44,5°); près du Mariara, qui n'en est pas éloigné, une source d'eau pure monte à 54,5°; une autre qui contient de l'hydrogène sulfuré à 66,25°. Dans le col du massif entre Pt. Cabello et Valencia, sur le versant septentrional, jaillit une source devenue célèbre depuis Humboldt, celle de Las Trincheras, pour laquelle je trouvai à ma première visite une température de 97°, quelques années plus tard de 91,25°; elle contenait en outre des traces d'hydrogène sulfuré.

Boussingault remarqua que les températures qu'il avait mesurées, soit de 64° pour Mariara et 97° pour Las Trincheras dépassaient de quelques degrés les chiffres de 59,3° et 90,4° donnés par Humboldt; cette observation le conduisit à supposer que ces sources, dans les tremblements de terre qui s'étaient fait sentir dans l'intervalle, avaient atteint des profondeurs plus considérables. Je trouvai cependant la température des sources d'Onoto plus basse que Boussingault ne l'indique, de même que celle de Trincheras dans une de mes mesures; celle de Mariara par contre était plus haute; je crois d'après cela que ces températures varient dans les différentes saisons, sous l'influence des eaux de pluie.

Nous traiterons maintenant de la moitié occidentale de Vénézuela. Sa chaîne principale, courant NE-SW du 69e au 73e degré, se rattache au N.-E. à Nirgua et Montalban à la chaîne littorale extérieure; au S.W, à St. Cristoval et Pamplona elle se réunit à la chaîne orientale de la Nouvelle-Grenade. Ce massif, qui

apparaît comme la continuation sud-ouest de la chaine extérieure sépare la plaine basse, sillonnée de rivières, riche en marais et en lacs, qui entoure le golfe de Maracaybo et les steppes de Coro des Llanos du Portuguesa et d'Apure, qui, couverts de forêts, s'étendent jusqu'à l'Orénoque. Ce massif, qui court en général du N.E. au S.W. et se compose de plusieurs chaînes parallèles, est interrompu, par 8° lat. nord et 71°—72° long. occid., par plusieurs arêtes courant presque directement E.W, et formant le noyau plutonique du massif; elles atteignent dans le Picacho de la Sierra Nevada de Merida une hauteur de 4581 m. et exercèrent, par leur soulèvement, une certaine influence sur les roches sédimentaires, en les métamorphosant. Ces roches plutoniques sont, comme leurs voisines neptuniques, plus ou moins distinctement stratifiées, et parfois alternent avec elles. La plupart sont amphiboliques; ou bien c'est de la diorite finement cristalline dont le feldspath est de l'albite, ou un gneiss syénitique; quelquefois on trouve du granit proprement dit, de la protogine et les roches analogues (Weisssteine), plus des micachistes. Vers l'Est les granites et les syénites, qui affleurent en grosses masses sur les escarpements méridionaux des plus hautes chaînes, deviennent toujours plus rares; cependant on trouve encore des granites et des syénites à St. Miguel et plus à l'Est à Chabasquen, par 70° de longit. occid., et 8° 50' de latit. nord. Dans cette dernière localité ce sont des couches de 2—3 m. de puissance de vrai granite avec de beaux cristaux de mica, intercalées entre des schistes micacés, du calcaire bleu compacte, des grès et des schistes argileux. Dans la vallée du Tucujo, située à peu de distance (à la Estancia), je trouvai de la syénite. A l'Ouest de la Grita je n'observai plus de roches métamorphosées; seulement au dessus de Pamplona réapparaissent des schistes micacés.

Ces roches plutoniques ne sont pas toutes issues de la profondeur de l'écorce terrestre; mais quelques-unes d'entre elles sont provenues du métamorphisme de roches neptuniques déjà présentes: c'est ce que démontrent les formes de passage, que l'on observe quelquefois, des couches sédimentaires aux schistes cristallins et aux masses plutoniques grossièrement cristallines.

Dans la partie orientale de ce massif, comme je l'ai fait remarquer, les roches granitiques cèdent de plus en plus la place aux schistes métamorphiques; ces derniers prédominent en outre dans toute cette chaîne méridionale; dans la chaîne septentrionale au contraire ce sont les couches neptuniques. Ces dernières contiennent souvent des fossiles, surtout vers l'Ouest, et de même dans leurs ramifications septentrionales.

Sur le versant sud, plus escarpé, j'ai au contraire de préférence cherché des pétrifications, que je m'attendais à trouver dans des couches me rappelant le Crétacé supérieur. Sur la rive sud-ouest du Guanare, le massif est formé de couches neptuniques azoïques (schistes argileux, grès, etc.), reposant sur des schistes métamorphiques. Les contreforts extrêmes, qui touchent aux Llanos, sont composés de marnes, de lits de sables ou de graviers. Les plaines de Varinas sont bornées au Nord par la Mesa de Cavacas, élévation d'une hauteur approximative de 100 m. d'argile bariolée, recouverte de cailloux d'un grès calcaire ou argileux rouge, de calcaire argileux et de roches métamorphiques. Les rivières provenant des hauts massifs, qui traversent cette mesa, tels que le Guanare, le Tucupido et le Varinas charrient principalement des cailloux de roches métamorphiques. Les mêmes espèces de roches composent aussi les contreforts de Varinitas au pied du Paramo Domingo.

Quand on gravit le versant méridional du massif neigeux de Merida, on constate que les couches sur lesquelles repose la Mesa de Varinitas, de même que celles qui forment les chaînes jusqu'à Varinas la Vieja, sont composeés d'alternances de schistes argileux sableux, de quartzites et d'argiles schisteuses brunes avec gros rognons amygdaloïdes à cassure conchoïdale. Le schiste argileux présente des empreintes qui rappellent les traces de pas de Chirotherium (v. pag. 13).

Au-dessus de Varinas la Vieja, les sommités voisines du village de St. Domingo se composent de schistes argileux bleu foncé ou bleu clair, entre lesquelles s'intercalent de puissantes couches d'une roche syénitique, qui passe parfois à une vraie syénite. Le schiste clair, se chargeant çà et là de mica, devient alors presque un micaschiste. Plus en amont, plus près de Piedra, cette roche syénitique prédomine de plus en plus, quoique constamment séparée en couches. Les lits de sable et de cailloux de la Mesa de Piedra sont formées des débris de roches cristallines, de même que les rangées de collines qui entourent le sommet du Paramo de Mucuchies; ces lits plongent de 75°—80° N.-O. Quartzites et schistes argileux affleurent encore dans la rivière près de St. Domingo, les sommets voisins se composent de roches métamorphiques.

Etant parti de Moroturo (10° 30' lat. nord, 68° 40' long. occid.) et de Duaca je me dirigeai du côté du Sud vers les montagnes de Trujillo, croyant retrouver dans les collines de Barquisimeto et de Quibor le terrain crétacé, que je venais de quitter dans la province de Coro; ce fut seulement, cependant, par 70° long. occid. que je recueillis des preuves certaines pour l'âge géologique de cette contrée. Je découvris d'abord, au Nord du Tucujo près de la localité de Barbacoas une roche crétacée riche en fossiles, un calcaire d'une

texture telle qu'il me fut possible d'envoyer au meilleur connaisseur de cette classe d'animaux un nombre suffisant de bons exemplaires d'Ammonites — dont quelques-unes atteignaient la dimension d'une roue de voiture —, et quelques bivalves. L. de Buch confirma entièrement mon opinion sur l'âge de ces fossiles; car il les reconnut, ainsi qu'il suit, pour être des espèces qui se trouvent toutes dans le Crétacé inférieur et moyen de la Savoye et du Midi de la France, sauf la dernière, qui est nouvelle; ce sont: Ammonites inflatus Sow., A. varicosus Sow., A. Hugardianus d'Orb., A. Mayorianus d'Orb., A. Royssianus d'Orb., A. Tucujensis Buch (peut-être identique avec Am. aequatorialis Buch que Degenhard recueillit à Tausa près Bogota); de plus Inoceramus plicatus d'Orb., Natica praelonga Deshayes, Cardium peregrinosum d'Orb.. Lucina plicato- costata d'Orb., Ostrea diluviana var. flabellata Goldf. Plus tard je récoltai au même endroit A. Leonhardianus Krst. (Pl. II. fig. 5), A. Toroanus Krst. (Pl. IV. fig. 2), A. Mosquerae Krst. (Pl. IV. fig. 4) et A. Barbacoensis Krst. (Pl. IV. fig. 5).

Le calcaire bleu foncé à Ammonites affleure dans la contrée de Barbacoas dans les mêmes conditions de gisement que dans le massif de Cumana près de Cumanacoa, Sta Maria, etc. Les sphéroïdes, renfermant au centre une coquille, s'y retrouvent aussi; plus à l'Ouest je ne les observai plus, ni les Inocérames; peut-être les manquai-je, peut-être cette espèce de mollusque aime-t-elle les eaux courantes ou les tournants qui paraissent avoir fait défaut en plusieurs localités où ces sphèroïdes ne se trouvent pas, par exemple au Nord de Barbacoas à Siquisique, à St. Antonio de Cucuta, à Malpaso dans la contrée de St. Juan de los Morros. L'Inoceramus plicatus se trouve à Barbacoas, de même que dans les monts de Cumana, dans les schistes calcaréo-siliceux qui la plupart du temps occupent les assises inférieures.

Sur ces roches du Crétacé inférieur reposent, à Barbacoas comme dans beaucoup d'autres localités, les calcaires bleu-clair du Crétacé supérieur; les Ammonites y sont rares; plus fréquentes sont les Exogyra Boussingaultii d'Orb., Enallaster Karsteni de Loriol, etc. Tout ce complexe de couches repose sur un schiste argileux foncé, très puissant et très répandu dans ce massif et, à ce qu'il semble, privé de fossiles.

La même succession se trouve aussi à Sta Ana, un peu au Sud de Barbacoas, où déjà Boussingault recueillit la Cucullaea dilatata d'Orb., Ostrea diluviana var. flabellata Goldf. et un fossile très analogue à l'Astarte subdentata.

Plus à l'Ouest, le grès superposé çà et là au calcaire devient de plus en plus puissant. Les schistes calcaires bleu-noir affleurent dans toute la chaîne septentrionale, surtout sur son versant Nord, avec des fossiles du Crétacé inférieur. Assez fréquemment on recueille une espèce d'Astarte (subdentata?) accompagnée de l'Exogyra Boussingaultii d'Orb. et de Térébratules (ainsi par exemple dans les couches supérieures de Barbacoas, à Carache dans la Loma de St. Juan, à Agua de Obispo), d'Ammonites (dans les calcaires foncés de Siquisique, Barbacoas, Sta. Ana, St. Antonio de Cucuta, etc.) de Trigonies (à Barbacoas) et autres mollusques.

Mais ce crétacé affleure aussi dans le centre du massif, aux sources du Portuguesa et dans les vallées de Chama et de Macuties; je trouvai près de Chabasquen (70° long. occid.) des cailloux contenant des Ammonites et autres fossiles. Près de Mucuchies on découvrit dans une caverne au bord de la rivière, et à côté de pierres travaillées, des coquilles et des bélemnites ayant servi d'ornements aux habitants primitifs; cela prouve au moins la présence de ces dernières dans les calcaires à Ammonites qui se trouvent aussi dans le massif de Cumana. Plus tard je trouvai aussi des Bélemnites semblables, ou du moins des fragments, façonnés en ornements et amulettes par les Indiens qui habitent le versant nord de la Sierra Nevada de Santa Marta; d'après leurs récits, ils les recueilleraient sur le Palomino.

Sur cet ensemble de calcaires foncés en bancs mines, fossilifères comme dans les montagnes de Cumana, et souvent enchâssant des lentilles de calcaires repose un grès rouge, dans lequel je recueillis l'Ammonites Ospinae Krst. (Pl. IV. fig. 3); sur celui-ci gisent des argiles schisteuses bleues et bigarrées, et des bancs calcaires bleu-clair, souvent très puissants, qui renferment des Spatangues, Cidarites, Exogyrées et autres bivalves du Crétacé supérieur (à Barbacoas), des Ostrea et Exogyrées à Sta. Ana et Agua de Obispo. A Barbacoas on trouve des „Torres“ analogues, quoique plus basses, de ce calcaire bleu-clair, comme à St. Juan de los Morros. Dans la chaîne qui court de Barbacoas en direction N.E. je vis, à Moroturo, sur la rive sud du Tucujo, de ces mêmes „Morros“, dont je ne pus cependant approcher.

Les foraminifères d'Ortiz et de Parapara se retrouvent aussi sur le versant nord des monts de Merida (70° — 71° long. occid.) à Trujillo, Escuque et Bottijoque; au pied sud de l'„Alto d'Escuque“, près de la Mesa Valera ils affleurent dans des calcaires coquilliers. Si de là on remonte la rivière de Motatan on trouve à El Cucharito un calcaire coquillier de même nature renfermant des foraminifères (Orbitulina Venezuelana Krst., Pl. VI., fig. 6), alternant avec des argiles et des grès à empreintes de plantes. A Merida, sous les amas de cailloux, provenant de la région des neiges, „La mesa“ qui supportent la ville, affleurent des

schistes argileux et calcaires à Astartes, Oursins et Bulimes (?). Entre Merida et Ejido, dans la Quebrada „Milio" sur le Mucujun, reposent, sur un calcaire bleu-noirâtre à nombreuses veines cristallines, des schistes argileux, des grès et des calcaires renfermant les mêmes fossiles, et recouverts par une brèche quartzeuse. A Ejido je trouvai des oursins et des Exogyres. A Los Estanques, sur le Mucuties, des calcaires riches en Exogyres et en Astartes alternent avec des argiles rouges et sont surmontés d'un poudingue passant à un grès vers le haut et se composant de cailloux de quartz et de schiste argileux. D'ici à l'Ouest, même dans l'intérieur du massif, ces roches du Crétacé supérieur deviennent toujours plus fréquentes. Au col du Zumbador (72° long. occid.) on trouve à „El Palmar", à environ 2000 m. d'altitude, des débris d'un calcaire compacte, gris clair, à coquilles et piquants d'oursins.

Tandis que, sur le versant nord de la cordillère de Caracas on ne trouve que des traces du tertiaire, parce que les montagnes plongent presque partout directement dans la mer, ce terrain occupe, au Nord des monts de Merida, un territoire étendu; à l'Ouest de ce massif il pénètre même dans l'intérieur jusqu'à une hauteur considérable. Dans la vallée de Tachira (qui fait déjà partie de la Nouvelle Grenade) je poursuivis ce terrain jusqu'à Pamplona (72° 32 long. occid.), où j'observai, près de la partie sud de la ville, des couches tertiaires très fossilifères. Plus en aval, à Chinacota et Chopo, un calcaire tacheté à Ostrea alterne avec des argiles schisteuses brunes recouvertes de grès et de schiste argileux. Sous ce complexe affleurent à Chinacota des schistes siliceux et un calcaire à Astartes, dont les débris se trouvent aussi dans la rivière de Pamplona. A St. Cristobal et Lobatera la superposition du tertiaire au Crétacé est irrégulière: dans cette dernière localité affleurent des charbons; à Chopo une houille (Glanzkohle) est intercalée dans une argile schisteuse bleue, alternant avec des calcaires coquilliers bariolés et un grès quartzeux. A Las Lagunillas (71° 30′) à l'Ouest d'Ejido, une argile de même nature paraît être la roche mère de l'Urao (sesquicarbonate de sodium), qui se dépose en couche cristalline au fond d'un lac gisant sur cette roche.

Dans la partie orientale des dépressions tertiaires de la province de Coro, interrompues cà et là par des collines et de faibles élévations crétacées, sur le pied nord de la chaîne littorale, je constatai, comme je viens de dire, les dépôts tertiaires et quaternaires sous forme de couches la plupart de peu d'importance et s'étendant à l'Est jusqu'à La Guayra (Mayquetia). , Là, au Cabo blanco, les roches tertiaires de cailloux, de sable et de marne, renfermant Pecten gigas et autres coquilles, sont redressées contre le Nord. Dans la vallée de St. Esteban, près du village de même nom, et de chaque côté de la rivière sur le dos des montagnes affleure, gisant sur les roches métamorphiques, une roche semblable au calcaire caverneux du Crétacé supérieur. A Pt. Cabello, cette zone littorale tertiaire et quaternaire commence à s'étendre à l'Ouest et recouvre une grande étendue de la province de Coro. A Palitos, à l'Ouest de Pt. Cabello sur la route de St. Felipe sur le Yaracuy se trouvent des roches analogues, frittées et métamorphosées, comme à La Guayra et Pt. Cabello; elles sont recouvertes de schistes argileux quartzeux, de schistes siliceux et de grès qui rappellent les roches du Crétacé supérieur du massif de St. Juan de los Morros; il s'y ajoute, à Urama et Taria des grès rouges micacés, fins ou passant à des conglomérats; ceux-ci sont formés de cailloux de schistes argileux ou de quartz blanc, de la grosseur d'une noix.

Dans la Sierra Aroa, au Nord-Ouest de la ville de St. Felipe, prédominent de nouveau des roches métamorphosées; la syénite affleure encore une fois, comme poste extrême de la chaîne littorale de Caracas du côté de l'Ouest. D'ici s'étend, à l'Ouest et au Nord, le territoire sédimentaire de la province de Coro. Les ramifications du mont St. Felipe, de 1170 m. d'alt., sont recouvertes de couches tertiaires, pareilles à celles que j'ai décrites de Curiepe et de Capaya (voir p. 12). A Guaydima, sur la rive gauche du Tucujo, jusqu'à Yacura et Capadare, le calcaire tertiaire tantôt argileux tantôt sableux affleure avec une puissance considérable, alternant avec des argiles marneuses ou quartzeuses, ferrugineuses ou des grès rouges (il contient, entre autre fossiles, le Pecten gigas du Cabo blanco près La Guayra); des houilles s'y intercalent à Guaydima. A Capadare un tuf calcaire oolitique, poreux, à Pecten, Scalaria, etc., repose sur une marne brune, sableuse à Bulimus, Conus, Pecten, etc. Au Nord du Capadare (500 m. alt.) affleurent sur le rivage, à Curamichate et Hicacas, des lits assez puissants de houilles qui s'intercalent entre les couches tertiaires de marne, gypse, argile calcaire et grès. Ces derniers sont micacés, gris, assez friables et renferment, dans le voisinage du lignite, des empreintes de dicotylédonées et de graminées. Dans le Cerro Piritu au pied du rameau oriental de la Sierra St. Luis, qui se trouve au Sud de la ville de Coro, affleure un calcaire poreux assez puissant, alternant avec une marne rouge; tous les deux sont riches en fossiles tertiaires des genres Pecten, Bulla, Pyrula, Conus, Turbo, Scalaria, Oliva, etc. — L'arête des monts de Cumarebo, branche nord-est du St. Luis, est, près de la côte, formée par de puissantes assises du calcaire caverneux jaune poreux ou oolitique de Capadare; il surmonte des couches tertiaires de marnes, calcaires et grès, toutes riches en oursins et autres fossiles

tertiaires de Piritu; elles plongent de 35° Sud. Ces couches renferment aussi du charbon, sur la rivière Moturo. Une formation tertiaire analogue s'étend sur la côte de Cumarebo à Coro; en général à la partie inférieure prédominent les marnes jaunes, à la partie supérieure les calcaires sont plus puissants.

Dans le massif de St. Luis 1253 m. alt.) situé au Sud de la ville de Coro, alternent des calcaires, schistes argileux et grès plongeant de 20° Sud. Un calcaire dur, jaunâtre ou bleuâtre de plus de 100 m. de puissance semblable à celui de Cumanacoa et de Guacharo, en forme l'arête culminante. Il est surmonté en stratification concordante de calcaires bien lités, bigarrés de jaune et de bleu, avec des coquilles tertiaires. Des schistes argileux semblables aux Mandelsteine (porphyres amygdaloïdes) et des grès alternent avec le calcaire en couches plus ou moins puissantes. Le pied nord, couvert d'éboulis, ne me fournit aucune occasion d'observer la roche sous-jacente; plus au Nord, jusqu'à Coro, affleurent des couches tertiaires analogues mais plongeant 30° S., dont la supérieure est une argile contenant des cailloux. Sur celles-ci succèdent, du côté de la côte, des couches analogues, dans une succesion semblable, mais plongeant au Nord sous l'angle assez grand de 75°—80°,*) dirigées de l'Ouest à l'Est et riches en fossiles tertiaires.

Une langue de terre étroite, longue et couverte de dunes élevées relie ce pays avec la presqu'île de Paraguana. Par dessous ces dunes affleurent çà et là les calcaires, sables et marnes tertiaires qui, comme la plupart des couches composant cette presqu'île, se redressent au Nord sous un angle très petit. Outre ces assises cette presqu'île est formée d'argiles schisteuses gypsifères, bleues, rouges ou bigarrées, facilement décomposables, de grès micacés blancs ou rouges et de tufs calcaires sans consistance, riches en coquilles marines récentes, et recouverts de conglomérats. En creusant une citerne à La Cienaga, au Sud de Sacuragua (Pueblo nuevo) on découvrit le squelette sans crâne d'une gigantesque mammifère, dont les fémurs avaient plus d'un mètre de longueur.

Une élévation solitaire haute de 397 m. et courant W-E., le Sta. Ana, s'élève sur cette presqu'île plate, qui elle-même dépasse peu le niveau de la mer; les pans en sont la plupart verticaux. Dans sa partie la plus occidentale elle est formée de roches plutoniques (amphibolites porphyroïdes, diabases et gabbro) et envoie à l'Est et à l'Ouest de courtes ramifications, dont la dernière consiste en couches de gneiss, schiste micacé et roches chloriteuses; à côté de celles-ci affleurent un calcaire bleu noirâtre, cristallin, grenu, des grès gris solides et des schistes argileux, qui alternent avec les premières à la partie supérieure et plongent ENE 45°, et plus fortement encore dans les assises du sommet. On trouve dans les couches d'argile qui, alternant avec des lits de sable, s'appuient à ce massif, des fragments du grès récent à fossiles.**)

Dans le bras oriental, le plus long, de la chaîne de collines de Tausavanna, on ne trouve point de roches cristallines métamorphiques; cette ramification est formée par des couches de 5 à 10 cm de serpentine foncée, mélangée d'asbeste et de schiste siliceux noir et recouverte de bancs calcaires bleus, d'albâtre et d'argile que traversent des veines d'anhydrite. Ce complexe de couches me parut être dû à l'action des agents plutoniques sur les calcaires adjacents et sur l'argile veinée de gypse. Ces roches de Tausavanna sont privées de restes organiques; les rapports de gisements des couches inférieures rappellent certaines assises d'argile, de calcaire et de silice du Crétacé inférieur, par exemple celles de Malpaso, de Siquisique et de S. Cristoval. Cependant, sur la presqu'île de Paraguana, je n'ai pas reconnu avec certitude de roches crétacées.

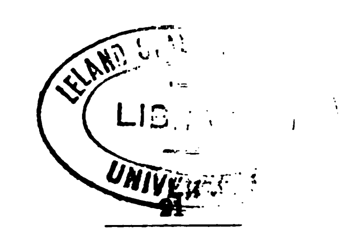
A Pueblo nuevo, au nord de ces hauteurs, une asphalte s'intercale entre des bancs d'argiles et est recouverte de grès micacé et de calcaire de l'époque tertiaire; on n'y trouva cependant point de charbon. A Miraca (sur la côte orientale, à l'Ouest de Baraïbé) du soufre en petits cristaux et en couches minces affleure dans un grès ocreux; non loin de là surgissent des sources légèrement hydrosulfureuses d'une température de 30°. Sur la côte occidentale de cette presqu'île gît sous le niveau de la mer, et recouvert d'argile, une couche de sel gemme à goût amer, peut-être magnésifère, qu'on exploite à marée basse. En outre on trouve fréquemment, sur la presqu'île, des couches de sable ou de marne avec nombreux fossiles tertiaires entre autres un oursin plat rappelant le Laganum tenuissimum et que je ne retrouvai point en d'autres localités.

Le calcaire tertiaire qui forme aussi, au Nord de Paraguana, la petite île d'Oruba, et affleure de même à Curaçao, passe successivement, d'après les recherches de Stelzner, à un phosphate de calcium.

Le pied occidental de la Sierra St. Luis est, à Sabaneta et Agua Clara, entouré ou recouvert de couches tertiaires semblables, plongeant de 45° et courant S.W.-N.E. Les assises supérieures se composent de

*) Ce plongement très fort des couches, la plupart tertiaires, qui s'adossent au pied ou gisent autour des hauts massifs ou des chaînes de montagnes, est un fait que j'ai très souvent observé.

**) Le même aspect nous est offert par l'île rocheuse et escarpée de „Roque grande" qui, sous le même degré de latitude, et au Nord de La Guayra, s'élève au milieu d'ilots et récifs coralligènes.



conglomérats, de sable et de cailloux. A Agua Clara alternent souvent des couches de houille avec les argiles à fossiles (moules internes de coquilles) tertiaires. Celles-ci sont recouvertes le plus souvent de grès et de poudingues. Les argiles schisteuses bleues, là où elles supportent des argiles gypseuses, sont tapissées d'efflorescences de magnésie sulfatée. Au Sud d'Agua Clara, une source hydrosulfureuse à 46° sourd d'un système de couches qui rappelle le Crétacé supérieur d'Ortiz et de Parapara; les assises de ce système contiennent des foraminifères; les fissures en sont aussi tapissées de grands cristaux de spath et de quartz. A Saladilla sourd une source de même nature, à 36°.

Le pays de collines qui s'étend au Sud de St. Luis, mais dont je ne visitai pas en cet endroit le versant immédiat, est constitué par des couches tertiaires analogues à celles d'Agua Clara. Les conglomérats, formés de cailloux de la grosseur du poing, de quartz blanc, de calcaire siliceux noir, de calcaire tacheté et de grès, affleurent sous une puissance assez considérable, dans le terrain de Guamuco qui fait partie de la Sierra Babisagete; ils reposent sur un grès blanc et gris qui recouvre un calcaire coquillier moucheté et des argiles. Au-dessous de tout ce système affleurent de puissantes couches de schiste argileux, plongeant de 85°—90° et alternant avec des calcaires à Ammonites, de couleur gris-bleue ou presque noire, et disposés en feuillets très minces.

Ces couches crétacées paraissent prédominer dans les hauteurs qui traversent de l'Est à l'Ouest la partie moyenne de la province de Coro, elle-même recouverte par le tertiaire; ces couches crétacées rappellent beaucoup ce que nous savons de S. Juan de los Morros, d'Ortiz et de Parapara.

Sur les Sabanas de Taratarare, jusqu'à Siquisique sur le Tucuyo, le tertiaire a la prépondérance. A Siquisique on observe un calcaire à Ammonites; au Sud de cette localité affleure fréquemment un schiste argileux bleu; dans les hauteurs de Matatere, les collines sont constituées par un schiste calcaire terreux blanc; on y trouve du jaspe, soit en rognons semblables à ceux de silex, soit en blocs plus gros, irréguliers, fendillés, caverneux, rugueux à la surface; rognons et blocs paraissent avoir été dégagés du schiste calcaire par les eaux de pluie (peut-être sont-ils le produit de sources thermales tertiaires?). Quelques collines sont formées par un schiste argileux non modifié; d'autres par une brèche de schiste argileux et de calcaire; celui-ci est devenu en partie spathique et blanc. Dans quelques autres collines qui renferment des couches de grès le métamorphisme est encore plus sensible: le calcaire est compacte, les schistes argileux presque convertis en jaspe, le grès a pris l'aspect d'une diabase (Grünstein).

Une formation d'eau douce peut-être synchronique, peut-être plus récente, se trouve dans les environs de Carora. Quand, du massif crétacé de Barbacoas, situé au Sud de cette région, et que nous avons décrit plus haut, on descend sur son versant nord, on voit les schistes argileux et les calcaires recouverts par un grès grossier pas très solide. Ces couches, sur le flanc nord du massif, sont redressées au Nord. On traverse continuellement, jusqu'à la plaine, les tranches des couches alternantes d'un calcaire compacte bleu ou jaunâtre tacheté et d'un grès rougeâtre; le premier paraît être ici sans fossiles et rappelle les calcaires les plus récents du Crétacé supérieur de Cumana et Barcelona. Dans la plaine, où des schistes argileux viennent s'ajouter à ces roches, les couches plongent souvent de 80° et au-delà, tandis que les calcaires crétacés, sur la hauteur de Barbacoas, plongent tout au plus de 40—50°, et quelquefois même sont horizontaux.

Près de Carora ces roches ne sont plus mises à jour, elles sont ici recouvertes d'une argile fine, grasse, qui, en couche horizontale souvent de près de 10 m. de puissance, occupe un grand espace dans la vallée de Cadiche à Arenales, où surgit une source thermale sulfureuse, entre les hauteurs environnantes. Dans cette argile se trouvent des mollusques terrestres aussi bien que des espèces d'eau douce, de plus souvent des cristaux de gypse dans certains endroits sous forme d'hémitropes à deux ou à trois cristaux, ensuite du quartz bien cristallisé; ceux-ci, de même que ceux de gypse renferment quelquefois des feuillets d'argile et même une fois, au dire d'une personne digne de foi, on trouva dans un cristal une feuille verte de Cuji (Inga cinerea).*)

Encore maintenant l'eau des rivières et ruisseaux qui traversent cette plaine est extraordinairement riche en silice, et les bois qui y gisent longtemps (surtout ceux de Guayac et d'Hymenaea) sont à la fin totalement silicifiés. Les mêmes phénomènes s'observent à Maracaybo. Tous ces faits nous feraient supposer que cette plaine avec les inclusions organiques et cristallines des terrains qui la composent était autrefois le fond d'un lac et que celui-ci, probablement lors du soulèvement du massif récent de Coro, recueillit les restes de l'eau de mer de même que celle des torrents qui pendant la saison des pluies descendaient des mon-

*) Bornemann observa des inclusions de bois dans des cristaux de quartz (Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellschaft 1861 p. 675 pl. XVI.).

tagnes, avant que le Tucujo ait, en aval de Siquisique, près du Salto, déblayé une ouverture suffisamment large. Il faut noter que cette plaine est bordée au Nord par la mesa tertiaire de Carora qui, d'un côté, au N.E, à peu d'heures de là près de Siquisique, s'adosse à un bras dirigé sud-nord du massif méridional Crétacé supérieur. Le sort auquel est condamnée cette plaine a déjà été décrit page 11. La mesa de Carora, située au Sud de la rivière de Baragua est constituée par des couches tertiaires peu solides, dont les grès micacés, qui gisent au-dessous d'une couche de lignite, renferment de l'ambre jaune souvent en fragments de belle taille qui enchâssent des fourmis et divers diptères. Les schistes argileux qui recouvrent ces lignites sont, comme tous ceux de ces régions à charbons tertiaires, facilement délitables, plutôt argiles schisteuses que schistes argileux; souvent c'est une marne rouge, bleue ou bigarrée, riche en sels les plus divers: gypse, sel gemme, glaubérite, epsomite, alun, soude carbonatée, etc. Ces couches alternent avec des argiles ferrugineuses et ici, en outre, avec un calcaire coquillier; celui-ci est très riche en coquilles ou moules des espèces marines récentes les plus diverses, et contient en outre des ossements d'un mammifère gigantesque.

Entre Escuque et Bottijoque, au bord sud-est du golfe de Maracaybo, dans une contrée très marécageuse, surgit du pétrole, à certaines places en grande abondance, d'un grès micacé tendre, friable, qui recouvre des charbons et des argiles schisteuses.

La contrée plate et couverte de forêts du lac de Maracaybo n'offre au géologue aucun sol favorable à l'observation. A l'effluent nord du lac dans le golfe affleure le calcaire du Crétacé supérieur qui forme plusieurs îles ou récifs bas. Sur la rive nord-ouest du lac s'assied la ville de Maracaybo, sur un sol à peine sorti de la mer, qui s'étend en une vaste plaine jusqu'aux premières montagnes, à une distance de 20 milles environ, dans le voisinage desquelles il forme quelques collines de peu d'élévation. Ce sol est constitué par des couches puissantes d'un grès très friable plus ou moins grossier, qui alternent avec des marnes et plongent sous un angle très aigu. Dans cette marne sableuse se trouvent de grandes quantités de bois pétrifié; l'eau qui l'imbibe a la propriété et lapidifier très promptement le bois frais, comme nous l'avons vu pour le sol de Carora (page 21). Au pied des montagnes de Perija, constituées par le Crétacé, un grès jaunâtre, friable. de peu de puissance, contient des fossiles marins d'espèces relativement récentes; il repose sur une argile schisteuse bleue, gypsifère, et sur une marne sableuse; il plonge au S.E. de 15° et est recouvert d'environ 5 m. de cailloux quartzeux ou provenant des calcaires crétacés, empâtés dans une marne sableuse. Les parties de ce massif que je visitai, à Tintini, à l'Ouest de Perija (10° 8 lat. nord, 72° 35′ long. occid.) sont constitués de préférence par un calcaire compacte bleu clair, à ammonites et térébratules, alternant avec un schiste argileux foncé de faible puissance; le tout, plongé à 80°, enferme des couches d'asphalte de plus d'un mètre d'épaisseur. Cette substance est dure à la surface, surtout pendant la nuit; durant le jour, quand elle est exposée au soleil, elle se ramollit et à quelques places, coule, mêlée d'eau, sous les roches plus dures. Ce sont probablement les mêmes conditions qui font surgir le pétrole à Escuque et Bottijoque (v. ci-dessus).

Sur la côte nord de la **Nouvelle Grenade**, à l'Ouest de la Cordillère de Ocaña et de Bogota, dont l'extrémité se termine dans la presqu'île de Goajira, séparés l'un de l'autre par la plaine de l'embouchure de la Magdalena, sont deux systèmes de montagnes de hauteur et de constitution minéralogique très différentes et dont chacun court de l'Ouest à l'Est.

Le massif de Santa Marta, qui sur la droite élève son sommet glacé jusqu'à la hauteur de 7926 m., est formé par des roches cristallines massives, de même que celui de Merida qui, couvert de neige sur les sommets, court en direction parallèle. De même que les monts de Caracas, la Sierra Nevada de Santa Marta plonge son pied septentrional immédiatement dans la mer. Le noyau de ce massif est constitué, comme je l'ai dit, par des roches plutoniques de direction W.S.W—O.N.O, auxquelles s'appuient à l'Est et au Sud, des couches crétacées (qui se retrouvent aussi probablement au Nord, à Palomino), partiellement métamorphosées. Au pied méridional du massif on croirait observer des passages successifs aux roches crétacées, qui constituent le versant voisin de l'extrémité septentrionale des Cordillères orientales.

Dans les environs de la ville de Santa Marta (11° 16′ lat. nord, 74° 12′ long. occid.) se trouvent des roches plutoniques ou métamorphosées, disposées en couches; par exemple un granit amphibolique en bancs de 0,3 m. de puissance, des quartzites à chlorite ou à hornblende (amphibole). Dans les zones supérieures prédomine une syénite à fins grains, dont les bancs sont souvent séparés par des lits de quartzites micacés, de schistes chloriteux ou amphiboliques, qui çà et là passent aux roches granitiques ou granitoïdes mentionnées plus haut; cette syénite renferme aussi des fragments de schiste amphibolique (comme à Las Trincheras, entre Puerto Cabello et Valencia, page 7). J'observai des faits analogues sur le versant occidental jusque sur la rivière de Sevilla; là où du schiste argileux touche à des quartzites ou est traversé par des veines de cette roche, on trouve à la surface des bancs du feldspath (albite) et de la chlorite verte; celle-ci existe aussi en

grains dans les cristaux d'albite. Je n'observai pas de couches fossilifères. A l'embouchure du Guaire près de Santa Marta se trouvent des collines composées de granite à grain fin, dont les bancs sont séparés par des couches de schiste amphibolique quartzeux; sur le rivage immédiat de la mer une autre colline est constituée par des couches presque verticales de schiste argileux verdâtre, de quartzite blanc micacé, et de grès micacé et noir. Tout ce système court W.S.W—E.N.E, et est traversé par une encoignure verticale s'élargissant en bas et à pointe tournée vers le haut, formée par du granite massif qui affleure près de là; ce granite renferme des inclusions du grès micacé, dont il a par places refoulé les couches. Il semble que ce granite ait fait éruption, ait surgi de la profondeur à l'état liquide, incandescent, ou à demi fondu; ait soulevé, refoulé, démembré les couches susjacentes; en ait en partie enchâssé des fragments, et, pendant son refroidissement, ait occasionné des combinaisons chimiques et des formations secondaires de minéraux.

Une des sommités du massif, que j'ai gravie du côté du Nord jusqu'à la limite des neiges, au dessus de Dibulla et à l'Ouest des villages indiens de S. Antonio et de S. Miquel, situés à une grande altitude, se compose de couches de roches granito-syénitiques et de schistes cristallins. Sur le versant sud-est, je trouvai de même des roches analogues de Santa Marta. A Tomarazon (Treinta), au Sud-Ouest de Riohacha (11° 34′ lat. nord, 72° 55′ long. occid.) j'observai, au pied du massif, un granit (protogine) de couleur claire, à grain fin, se décomposant facilement, alternant avec un quartzite rouge et de la syénite de couleur foncée. Entre ces couches presque verticales j'en vis une, de 0,5 m. de puissance, d'une roche noire basaltique (?), qui atteignait à peine à la hauteur des tranches de couches formant ici la surface du sol. Quant à d'autres roches volcaniques, pouvant servir de témoins d'une éruption de cette Sierra Nevada qui doit avoir eu lieu dans l'année 1565, je n'en ai point observé. Je ne pus déterminer non plus d'une manière plus précise la nature de la roche volcanique dont il est fait mention plus haut, car je voyageais en compagnie de Créoles, qui craignaient les sauvages Indiens-Goajiro du voisinage.

C'est jusqu'à Tomarazon que s'avancent les dépôts tertiaires de l'Est: grès rougeâtres et bigarrés, argiles traversées et séparées par des quartzites d'environ 1 m. de puissance. Ils reposent sur les couches crétacées qui constituent les basses collines situées à l'Est de Barrancas et de la Chorera. Ces assises à Ammonites et à Inocérames, qui affleurent aussi au pied nord-est du massif de Perija, peu éloigné de là, sont recouvertes de calcaires et d'argiles à oursins et à gryphées. A Potrero de Benantio, sur la hauteur de la colline entre Tomarazon et Barrancas, des couches de même aspect, du Crétacé supérieur, sont plongées S.E. sous un angle très fort, et quelquefois même sont presque verticales. Sur ces couches reposent des marnes rouge-jaunâtre, la plupart sableuses, des grès rougâtres friables très étendus, des argiles à sel gemme et à gypse, contenant çà et là quelques lits de charbons et des coquilles tertiaires. Ces couches recouvrent le pays de collines et les vastes plaines, jusqu'à la mer près de Riohacha, et s'étendent sans aucun doute à travers la plaine de la presqu'île de Goajira jusqu'à Maracaybo où je les observai comme je l'ai dit plus haut, de même que dans la moitié occidentale de la province de Coro.

Dans le voisinage de la mer se trouvent cà et là des couches de sable et de marne atteignant jusqu'à une hauteur de 10 m. et contenant des coquilles de la période la plus récente: Lucina pennsylvanica Lam., Venus cancellata L., Arca Noae L., Strombus gigas L. etc.; les conditions de gisement rappellent celles de la côte de Vénézuela, par exemple à Maracaybo, La Guayra, Cumana, etc.

Je poursuivis cette série tertiaire, au pied oriental de la Sierra Nevada, par la vallée d'Upar jusque sur le Magdalena et d'ici en amont jusqu'au pied occidental des monts d'Ocaña, aussi bien dans mon voyage à terre en amont qu'en redescendant plus tard la vallée en bateau; dans cette dernière expédition j'observai souvent sur les rivages ces couches de sable et de marne sans consistance, que je prenais pour du tertiaire; elles plongeaient sous des angles divers et étaient recouvertes d'alluvion.

En opposition à ce massif plutonique, les chaînes basses qui, jusqu'à Cartajena (10° 25′ lat. nord, 75° 35′ long. occid.), bornent la côte de la mer des Caraïbes, sont constituées en entier par les dépôts tertiaires et quaternaires les plus récents. Des couches de calcaire jusqu'à 2 mètres de puissance, formées par des accumulations de coraux et de coquilles, alternent avec des sables et des marnes, dans lesquelles gisent les bancs et lits d'un calcaire compacte argileux; ici, de même qu'à Cumana, Panama et Bogota, elles renferment, chose frappante, du mercure métallique. Le Crétacé semble n'apparaître que plus au Sud. La côte de la mer est constituée par les alluvions les plus récentes, de même que par des bancs d'huîtres, des lits de coquilles ou de coraux.

Près de Turbaco, au Sud de Cartajena, et en différentes localités (Los Vulcanitos, Cañaverales, Bajo de Miranda, etc.) à une hauteur de 300—400 m. au dessus de la mer, tout ce système est traversé par des exhalaisons de gaz, accompagnées de faibles sources d'eau. Celles-ci tantôt sont isolées, tantôt, comme les

sources bien connues de Turbaco, sont réunies en plus grand nombre. Dans leurs canaux, l'argile ramollie par l'eau est convertie, sous l'action du bouillonnement constant du gaz, en une boue qui fait légèrement éruption à la surface du sol et forme ainsi une ceinture d'un ou plusieurs pouces de hauteur. Au temps des pluies ces sources ont un fort débit; l'eau en est rejetée de tous côtés, avec la boue argileuse, par l'éruption gazeuse qui se dégage violemment; le bord des petits cratères est alors peu à peu enlevé et emporté au loin; la plupart du temps cependant l'eau s'écoule par de petites rigoles creusées dans le limon durci qui s'est déposé; ainsi l'élévation formée par les sources de Turbaco, réunies sur un espace de 100 □m, n'atteint qu'une faible hauteur au dessus de la plaine environnante; l'élévation formée par les sources qui se trouvent dans la forêt est tout-à-fait insignifiante.

Cette agitation de la boue argileuse, analogue à celle de l'eau bouillante, et causée par le dégagement des bulles de gaz, de même que cette faible élévation des bouches de sources au dessus du niveau général de la plaine, tout cela est probablement la raison d'être des noms de „Volcanes“, „Volcanitos“ qu'on leur a donnés, dénominations que même des voyageurs naturalistes ont adoptées et traduites, bien que le caractère volcanique principal, l'élévation de température, échappe à ces sources. La boue rejetée n'est pas jaune comme la marne du sol d'où jaillissent les sources, mais d'un gris bleu, probablement parce qu'elle est mélangée de débris de couches plus profondes, ou modifiée par les matières liquides qui surgissent de la profondeur.

La boue de ces sources avait en septembre, à l'ombre de la forêt, une température de 27° 5 (la même température que les puits de 15 m. de profondeur, de Cartajena et que les sources de Barranquilla à l'embouchure du Magdalena); celle des „Volcanes“ de Turbaco situés au soleil avaient à midi 29° 5' C. — Le goût de l'eau était très salin, et une solution de nitrate d'argent y provoquait un fort précipité blanc. La teneur en sel gemme que cette réaction dénote est probablement la raison pour laquelle aucune plante quelconque ne croit sur le limon qui recouvre la contrée; au contraire ce limon semble tuer les plantes qui poussent sur ses bords. Pas plus que le gaz l'eau ne laisse reconnaître de l'hydrogène sulfuré; elle a même une odeur passablement pure, non empyreumatique. Le gaz de la source de Turbaco, que j'analysai à Cartajena, se compose presque uniquement d'un mélange d'air atmosphérique et d'hydrogène carboné; des traces seulement d'acide carbonique. La teneur en gaz hydrogène carboné est différente dans les différentes sources; je ne la déterminai cependant pas, quantitativement, d'une manière plus précise.

D'autres sources à gaz semblables à celles du sud de Cartagène se trouvent à l'est de cette ville, dans le voisinage de la côte, à Guaigepe, Boca de Manzaguapo, Totumo, Salina de Zamba, sur l'île de Cascajo, etc.; toutes ont une eau salée, et le mélange de gaz est qualitativement le même. La source de Totumo surgit d'un sol sableux; l'embouchure en est donc toujours fermée par du sable, car le gaz ne chasse point de limon.

Une autre source de même nature, sortant d'une couche d'argile, se trouvait autrefois sur le plateau d'une colline formant une langue de terre, la Galera de Zamba; c'était le célèbre „Volcan de Zamba“, qui terrifia la population par l'inflammation plusieurs fois répétée des gaz qui se dégageaient, et qui, en fin de compte, après sa dernière éruption, en 1848, disparut sous la mer avec une grande partie de la presqu'île.

Cet incendie, ou cette éruption que, au dire des habitants de la côte, d'autres avaient précédée (p. ex. en 1820), commença en octobre après une sécheresse excessivement longue, pendant la nuit, à l'entrée de la saison des pluies; sans doute, par suite de la tension électrique extraordinairement élevée de l'atmosphère le gaz hydrogène carboné s'alluma pendant que l'eau de la source avait tari à cause de cette sécheresse, car le gaz brûla sans interruption pendant 11 jours, illuminant toute la contrée jusqu'à une distance de 20 milles et chassant au dehors des masses de limon incandescentes qui retombaient au loin dans la mer ou sur la côte voisine, où on me les montra encore 4 ans plus tard, sur la saline de Zamba, à l'état de boules d'argile de 0.5 m. de diamètre.

Depuis cet incendie (qui sûrement arriverait aussi aux autres volcanitos, si ceux-ci, toutes choses égales d'ailleurs, dégageaient une pareille quantité de gaz inflammable pendant une semblable sécheresse) dès lors, dis-je, au dire des habitants, cette partie de la presqu'île commença à s'enfoncer et disparut enfin totalement, au bout de 2 ans, sous les eaux de la mer, à la surface de laquelle l'endroit de la source de l'ancien „Volcan de Zamba“ est encore indiqué par des dégagements de bulles de gaz.

Acosta donne sur ce phénomène (l'Institut, 1849, No. 828, p. 362) la note suivante, qui diffère un peu de ce qui précide et qui ne me fut connue que longtemps après mon retour: „Le cap de Galera Zamba se prolongeait autrefois dans la mer, sans interruption, jusqu'à l'île Enea qui le terminait. On pouvait parcourir trois à quatre lieues par terre et en partant de la côte on voyait s'élever une butte conique qui était un vra volcan, terminé par un cratère, duquel se dégageaient des gaz avec assez de force pour lancer dans l'air

les planches et les bois qu'on y jetait. Le volcan exhalait de temps en temps de la fumée. Il y a dix ans environ qu'après une éruption dans laquelle on aperçut des flammes, la terre s'affaissa peu à peu par la suite et la péninsule de Galera Zamba devint une île. Alors les bateaux purent sortir de la Magdalena et arriver à Carthagène par la brèche que la disparition du volcan avait occasionnée, et dans laquelle la sonde marquait une profondeur de mer de 8 à 10 mètres. Tel était l'état des choses au commencement du mois d'octobre 1848, lorsque le samedi 7 octobre, vers deux heures du matin, on entendit un bruit qui augmenta rapidement, et, tout-à-coup, il s'élança de la mer, à la place de l'ancien volcan, une gerbe lumineuse qui éclaira comme un vaste incendie presque toute la province de Carthagène et une partie de celle de Santa Marta dans un rayon de 30 lieues. — Tous les habitants sortirent de leur maisons frappés par la lumière; mais on n'observa pas de pluie de cendres pendant cette éruption qui dura plusieurs jours, quoique avec une intensité moindre tous les jours.

Quelques jours après l'éruption, on remarqua une île, couverte de sable, à la place même de l'ancien volcan, qui avait ainsi reparu quelques années après s'être immergé. Mais à cette île redoutable personne n'osa aborder, et elle s'affaissa encore une fois quelques semaines après."

Le voisinage immédiat offre peu de points de repère pour expliquer cet extraordinaire phénomène et on ne peut pas en faire un reproche au simple paysan, s'il le croit toujours d'origine volcanique; le géognoste au contraire s'efforcera d'étudier la roche adjacente pour expliquer, d'après la nature de celle-ci, le dégagement de ce gaz inflammable, mêlé d'eau salée et déposant du charbon. — Les lits d'asphalte que j'ai décrits dans le crétacé inférieur du massif de Perija, de même que les charbons et sels gemmes qui affleurent à l'Est de Cartagena dans la province limitrophe (prov. de Coro, à Guaranao sur Paraguana), laissent supposer que la teneur en sel de l'eau des sources, de même que celle en hydrogène carboné de l'air qui s'échappait, étaient dues à la présence de gisements de sel gemme analogue, et de lits de matières inflammables de même nature; l'inflammation de ces gaz se transmit probablement aux couches inférieures de la Galera de Zamba et provoqua l'affaissement des assises sus-jacentes.

D'après une lettre de Mr. M. Siefken à Barranquilla il paraîtrait que maintenant la région sous-marine qui avoisine la presqu'île de Zamba s'élève peu à peu, car les vapeurs transatlantiques ne peuvent plus, comme auparavant, serrer la côte de près, mais doivent rester à une distance plus grande, à cause des bas-fonds.

Les couches tertiaires de Cartagène se poursuivent à l'Est jusque dans la vallée du Magdalena; ici elles gisent en partie horizontales ou plongent faiblement à l'Est, ou plongent en partie au S.E. sous un angle de 60 à 70 degrés, comme par exemple dans les collines de Villa Nueva, au Popa de Cartajena, haut de 100 m. et sur la côte de la mer à Guaigepe, à l'Est de cette ville. Elles se composent ici de couches d'une argile schisteuse jaune clair et de calcaire poreux; tout cela affleure à l'Ouest, sous des masses de cailloux de roches crétacées. Au pied occidental du massif neigeux de Santa Marta, qui s'élève vis-à-vis, n'affleurent point de couches fossilifères; les calcaires y sont cristallins.

Des trois divisions de la Cordillera de los Andes, qui sur la côte occidentale du Sud-Amérique, borne l'Océan pacifique, la partie septentrionale m'occupa seule; son point culminant est situé sous l'Equateur, et elle se divise, sous le 2e degré de lat. nord, en trois rameaux qui courent au Nord, pendant qu'au Sud elle passe tout simplement aux montagnes du Pérou et s'appuie au territoire du massif de la Bolivie. Outre les 3 chaînes à direction Nord se trouve encore au N.W. une 4e chaîne plus petite d'environ 300 m. de hauteur moyenne, c'est le chaînon de Baudo qui, courant sur la rive occidentale du St. Juan et de l'Atrato, en commençant à l'embouchure du premier, se prolonge jusque dans l'Isthme de Panama où, par 79° long. occid., il s'enfonce dans ce pays de collines volcaniques et reparaît de nouveau à l'Ouest pour parcourir le Centre-Amérique.

Au Sud de Popayan, par 2° lat. nord, les 3 chaînes principales se rapprochent tellement l'une de l'autre, qu'elles forment ici la ligne de séparation du côté du Sud, des deux vallées du Magdalena et du Cauca qu'elles enferment entre elles; elles forment ici la masse puissante qui sur sa large base s'élève dans la chaîne centrale à 4600 m. (Sotará) et à 4433 (Puracé) et s'appuie au noyau de montagnes du Pasto Azufral, qui forme l'extrémité nord du plateau des Cordillères de Quito. De ce point, dans la vallée occidentale partent les eaux soit au Nord dans le Cauca, soit au Sud dans le Patia; la vallée orientale, celle du Magdalena, atteint ici, par 2° lat. nord, sa limite méridionale, car la chaîne orientale s'appuie ici aux massifs trachytiques de Iscanse et de Papas de la Cordillère centrale et les accompagne vers le Sud, comme contreforts orientaux.

Cette chaîne centrale, qui se termine au Nord dans le voisinage de Mompox (9° lat. nord), porte dans la Nouvelle Grenade plusieurs sommités à neiges éternelles: par 5° et 4° 45′ les volcans presque éteints

de Ruiz (5300 m.) avec celle de St. Isabel (5100 m.) et Mesa de Herveo 5590 m.. de Tolima avec celui de Quindio (5150 m.) à base plutonique; le Barragan par 3° 50' (4000 m), le Huila à 3° lat. nord (5700 m.). le Puracé (4433 m.) et le Sotará par 2° 20' et 2° 15' (4600 m.). Près de l'équateur son arête s'élargit. comme je l'ai dit plus haut et forme le plateau de Quito, qui court du Nord au Sud: sur celui-ci. tantôt au bord oriental, tantôt au bord occidental, s'élèvent de nombreux sommets volcaniques. il représente ainsi un plateau montagneux limité par deux rangées de hauteurs et dont les côtés oriental et occidental sont très abrupts et difficiles à parcourir.

La chaîne la plus orientale de la Nouvelle Grenade porte deux sommets neigeux. par 4° et 6° 20' lat. N., le Sumapaz (4810 m) et le Chita (5583 m); elle se tourne ensuite au Nord par 7° l. N., puis sa masse principale se dirige à l'Est dans le pays de Merida, tandis qu'un bras plus petit, courant d'abord au Nord, puis au Nord-Est, forme le massif de Perija et s'abaisse par 12° lat. N. en formant la langue de terre de Goajira. La partie sud de ce massif (7°—2° lat. N.) a, de même que celui de Merida, son côté le plus abrupt dirigé vers les Llanos de l'Orénoque, c'est-à-dire ici, dans la Nouvelle Grenade, à l'Est, et sa ligne de faîte est située à l'Est du plan médian: à l'Ouest de cette ligne. qui court Sud-Nord, les vallées d'alluvion. situées entre les couches parallèles, et redressés à l'Ouest des hauteurs qui forment les contreforts, forment des vallons longitudinaux en terrasses. dont le plus étendu, celui de Bogota, est à une altitude de 2700 m.

La plus basse des 3 Cordillères de la Nouvelle Grenade est celle de l'Ouest; excepté les deux larges sommets de son extrémité occidentale, le Cumbal (4890 m) et le Chiles (4840 m.), qui avec l'azufral de Tuquerres (4000 m) appartiennent déjà géologiquement au plateau de Quito, elle n'a aucune sommité qui dépasse la limite des neiges; au Nord elle se termine dans le Golfe de Darien. et forme la Punta Arenas.

Le massif d'Ocaña est constitué en partie par des schistes azoïques et métamorphiques qui. plongeant à l'Est, courent du Nord au Sud; de même la partie occidentale de la vallée d'Upar; j'en commençai l'ascension à Gobernador (8° 27' lat. N.), partant de l'Ouest, et après l'avoir visité à l'Est par 7° 30' jusqu'à Pamplona et au Paramo Zumbador (v. page 19). Les brèches et les puissants lits de cailloux plongeant de 45° à l'Est et stratifiés entre les argiles et les calcaires, se composent des mêmes roches: ils couvrent la vallée d'Ocaña jusqu'à La Cruz. Ces roches stratifiées reposent ici sur de la syénite à grain fin qui. outre de l'amphibole. contient aussi souvent du mica. et s'intercale çà et là entre ces couches.

A Cachira (7° 29' lat. N.) au pied du Paramo de Cachiri, haut de 4220 m.. affleure un granit facilement décomposable, par dessous des calcaires, quartzites et argiles schisteuses.

Les calcaires foncés, à fossiles du Crétacé inférieur. sont ici recouverts de schistes argileux rouges, sableux, de grès et de calcaires plus récents, contenant des huîtres; les circonstances de stratification sont telles que celles que j'observai à l'Est à Pamplona, Chinacota et St. Cristobal, de même qu'au Nord. dans le massif de Perija: je ne doute donc pas que ces terrains crétacés ne s'étendent aussi dans le territoire situé entre ces points. qui ne sont du reste pas très éloignés.

Plus au Sud les couches crétacées deviennent de plus en plus puissantes et étendues. A Matanza (7° 5' lat. N.) Boussingault recueillit: Lithodomus socialis d'Orb., Exogyra Boussingaultii d'Orb., Exogyra squamata d'Orb., Ostrea abrupta d'Orb.; sur le Rio Sube qui par 6° 31' se jette dans le Rio Suarez: Ammonites Dumasianus d'Orb.. Am. Santafecinus d'Orb.. Am. galeatus Buch.. Discoïdea exotica d'Orb.. Natica praelonga Desh. Bucaramanga (6° 50' lat. N.) est situé sur une Mesa haute d'environ 100 m. formée de lits horizontaux de cailloux de roches plutoniques ou crétacées. intercalées entre des couches de sable aurifère. Elles reposent toutes sur le grès brun, argileux. micacé. du Crétacé supérieur.

Entre Bucaramanga et Zapatoca (6° 35' lat. N.) la rive du Sogamozo. rivière qui résulte de la réunion du Suarez avec la Chicamocha, a un escarpement d'environ 100 mètres; elle présente cette même couche de grès. recouverte d'un autre grès clair, quartzeux, que surmonte à son tour un calcaire argileux bleu-clair. jaune à la partie supérieure. On y trouve des Ammonites, Térébratules (T. Haueri. Krst.. pl. VI.), des Trigonies. la Crassatella Buchiana Krst., (pl. V.). commune dans les Cordillères orientales, puis des Spatangues, Exogyres, Pecten. Polythalamies (Planulina Zapatocensis Krst.. Robulina Sogamozae Krst.. tous deux pl. VI.) etc.; ce sont tous des fossiles du Crétacé supérieur; ils y sont abondants. Ces calcaires alternent avec des argiles schisteuses en feuillets minces, jaunes, et des schistes argileux clairs, fissiles. Sous ces couches affleurent, dans ces profonds ravins à parois abruptes, les calcaires foncés et les schistes siliceux dans lesquels on recueille Hamites Degenhardtii Buch. var. inflatus Krst. (pl. I.), Ancyloceras Beyrichii Krst. (pl. I.), Ammonites Trianae Krst. (pl. II.), A. Codazzianus Krst. (pl. III.), que l'on trouve dans toutes les Cordillères. A Zapatoca apparaissent, sous le Crétacé supérieur, des schistes argileux noirs. à feuillets très minces. dans lesquels on trouve des blocs du calcaire crétacé inférieur.

Des dépôts semblables prédominent plus au Sud et forment aussi l'arête culminante du massif.

A Petaquero (6° 14′ lat. N.) Acosta recueillit l'Ammonites Acostae. d'Orb. et l'Am. Solitae d'Orb.

A St. Benito (6° lat. N.) un calcaire compacte argileux, divisé en couches de 3—4 m de puissance, passe à des argiles calcaires et des marnes; il contient, dans les couches supérieures. les Trigonies nommées ci-dessus, de même que les Exogyres, Pecten. etc., et recouvre des schistes argileux bleu foncé et des calcaires. Ceux-ci renferment souvent des Ammonites et autres fossiles de la même famille, qui forment le centre de cailloux arrondis du même calcaire. Ces roches crétacées courent ici du S.S.O. au N.N.E.: il en est de même dans le massif situé à l'Est. constitué par des roches syénitiques qui affleurent sous le Crétacé à Sanjil (6° 20′ lat. N.).

A Las casitas. un peu au Sud de St. Benito. je trouvai les mêmes rognons calcaires à Ammonites, lités dans des schistes argileux sableux qui alternent avec d'autres schistes argileux bleu-noir. feuilletés, relevés à l'Est. Ici se trouvent aussi. sur les calcaires crétacés inférieurs, les mêmes croûtes cristallines qu'à Parapara (p. 13). On trouve dans ces calcaires des Ptychoceras. Hamites. Crioceras. Ancyloceras. Lindigia (L. helicoceroides Krst. 1856. pl. I.. Turrilites helicoceroides Marcou 1875); ils représentent. me semble-t-il. la partie supérieure du Crétacé inférieur. Les couches qui les surmontent m'ont offert une Trigonia et une Venus.

Sur le Suarez supérieur. à Velez (5° 54′ lat. N.). affleurent de puissantes assises d'un calcaire noir et de schistes argileux. dans lesquelles. outre les fossiles ci-dessus mentionnés, se trouvent aussi les espèces représentées sur les planches II. et III.: Am. Didayanus d'Orb.. Am. pulchellus d'Orb.. Am. compressissimus d'Orb., Am. galeatoides Krst.. Am. Caicedi Krst., Am. Dupinianus d'Orb.. Am. Alexandrinus d'Orb., Trigonia abrupta Buch; à l'Est de Velez. à Soata (5° 58′): Exogyra inoceramoides d'Orb.; à Las Palmas: Astarte exotica d'Orb., Modiola socorrina. d'Orb.. Exogyra sinuata Sow.. Exogyra Couloni d'Orb. — A Leiva (5° 38′) et Tunja (5° 33′) on trouve dans les mêmes roches: Ammonites Hopkinsi Forbes. Am. Lindigii Krst. (pl. III.) Natica praelonga Deshayes. Arca perobliqua Buch; à Tausa: Ammonites aequatorialis Buch.

Les calcaires en partie sableux. de 10 m de puissance. qui recouvrent ces couches me parurent être sans fossiles. Le crétacé supérieur reposait en discordance sur l'inférieur.

C'est aussi de cette région. très-riche en fossiles crétacés. que proviennent les mollusques recueillis par Degenhard et Boussingault. que Buch et d'Orbigny reconnurent pour être du Crétacé; et probablement aussi les fossiles confiés à Forbes par Hopkins pour être déterminés, et cités comme provenant de Bogota: Ancyloceras (Orthoceras Lea) Humboldtianus Forbes. Ammonites Buchianus F.. Am. Bogotensis F.. Am. latidorsatus F.. Am. Leai. F.. Am. Inca F.

Un peu plus au Sud. dans les couches redressées au Nord que l'on rencontre en montant de Puente National (5° 47′ lat. N.) à Chiquinquira (5° 33′), le calcaire est remplacé par des grès blancs un peu micacés; de même je trouvai dans les schistes argileux qui alternent avec ces couches des empreintes d'Ammonites et d'Inocérames.

Cette roche est traversée, à Muzo (5° 26′ lat. N.) au S.W. de Chiquinquira, de veines quartzeuses contenant des émeraudes et encore plus au Sud, à Zipaquira (4° 56′), on trouve dans ses crevasses de riches gisements de sel; ces couches sont recouvertes de grès et de schistes argileux qui enchâssent des lits de houille. Ce sel gemme de Zipaquira est exploité de même qu'à Chita et Cumaral, au pied oriental de la Cordillère; sur beaucoup d'autres points de la contrée sa présence est trahie par la teneur en sel de l'eau; on l'exploite alors par évaporation. Il affleure constamment, à ce qu'il paraît, lié à un calcaire argileux noir, au pied des escarpements élevés formés par les couches sédimentaires du Crétacé. dont les tranches environnent en hémicycle le gisement de sel gemme. Dans les dépôts crétacés se trouvent Astarte truncata Buch. Arca rostellata Buch. Trigonia alaeformis? d'Orb., puis des Ammonites indéterminées et divers autres fossiles du Crétacé inférieur; les couches qui les renferment sont recouvertes de schistes siliceux et argileux, dont la partie supérieure renferme des Polythalamies et est surmontée de grès et de schistes argileux, où l'on reconnait des Lucines et des Cardium. A une heure au Sud-Ouest, à Tabio (4° 51′ lat. N.), on trouve Cardium columbianum d'Orb., et Tellina bogotina d'Orb., que Boussingault y avait déjà recueillies dans des calcaires semblables. L'Ammonites Boussingaultii d'Orb. fut aussi trouvé à Sativa, dans la même région.

Le sel lui-même est assez pur et se présente sous la forme d'aggrégats cristallins, séparés cependant en couches reconnaissables par de petits fragments d'une argile noire, calcaire, semblable à celle qui forme le toit (dans le gisement de Cumaral je vis les couches de sel redressées de 45°, par-ci par-là ondulées et courant S.W.-N.E.). Abstraction faite de ce mélange d'argile, le sel est blanc et contient çà et là de petits grains de soupe pur et des cristaux de pyrite, de même que des concrétions de gypse en cristaux feuilletés. la plupart petits, d'autrefois atteignant jusqu'à 2—3 m. de diamètre. Les roches qui affleurent à côté du sel gemme, et qui recouvrent le cirque à parois abrupts d'une large vallée, sont formées par des schistes argileux.

siliceux et calcaires; des grès et des marnes gréseuses, de même que les charbons et schistes argileux qui s'y intercalent; ces dernières roches recouvrent inégalement les dos des premières, c'est-à-dire qu'elles s'y adossent. Saenz (Contribuciones, etc. Bogota 1878) découvrit, dans une de ces couches de grès, une grande quantité de fossiles, malheureusement indéterminables d'une manière précise.

Dans le gisement de sel de Gacheta (4° 48′ lat. N.), sur le versant oriental de la Cordillère, se trouve du charbon dans des conditions analogues à celles-là. Plus à l'Est, dans la contrée d'Ubala, sur le chemin de Medina et des gisements de sel de Cumaral (4° 20′ lat. N.) affleure aussi du fer pisolitique, du soufre natif pur en masses qui pèsent jusqu'à 12 kilos, du pétrole, de même que des filons de sulfure de fer de Galène, et de Cuivre sulfuré. Dans ces dépôts la roche qui est mélangée au sel en fines particules, et qui recouvre la surface du gisement, est partout de couleur noire.

Quant au charbon fossile que je trouvai, du côté du sud-ouest, à une petite distance de la mine de sel de Zipaquira, c'est un lit de 3 m. environ d'épaisseur, qui est séparé en 3 groupes par des schistes argileux d'un dm. d'épaisseur et, à ce qu'il paraît, repose sur des argiles bigarrées.

Ni dans ces houilles ni dans celles que j'observai souvent en d'autres points de la Colombie je ne vis de conifères, de fougères ou autres cryptogames vasculaires comme ceux que renferme la houille de la période carbonifère, mais j'y trouvai des feuilles de Graminées et de Dicotylédones.

Le fait que le sel gemme est stratifié en démontre l'origine sédimentaire; il est à supposer qu'à de certain intervalles, à ce qu'il ressort de sa stratification régulière, les couches de sel cristallisaient du sein de l'eau qui s'évaporait et recouvraient les petits fragments de roche qui, se detachant des parois de rochers, tombaient sur les croûtes salines de la lagune, d'où celles-ci auront tiré leur couleur noire; cette dernière en effet, de même que le soufre et la pyrite, n'est vraisemblablement qu'un produit de décomposition de substances organiques qui se trouvaient dans l'eau de mer soumise à l'évaporation. Je ne pus constater, à Zipaquira, une alternance ou une superposition quelconque du sel et d'autres couches de roche; à Cumaral il me parut recouvert immédiatement par des dépôts tertiaires, c'est-à-dire des grès et des poudingues dont les matériaux ne paraissaient provenir que du crétacé récent. Le sel apparaît en masses, déposé dans les fissures de rejet, les crevasses du crétacé; ici à Zipaquira il est recouvert par ce schiste marneux noir (probablement le résidu de couches de sel lévigées), qui dans la profondeur devient toujours plus riche en sel et passe à 8 ou 10 m. au véritable gisement (comparez profil VIII).

Des conditions de gisement que nous venons d'exposer il résulte qu'à l'époque où se déposaient les couches relativement peu importantes du tertiaire le crétacé formait une série d'îles disposées dans une direction correspondant à celle des gisements de sel, du SW au NE (celles de Zipaquira, Sesquile, Gacheta, Tausa, Nemocon, Somondoco, Lengupá, Sisbaca, Sirguasa, Chita, Chinibaque, etc.); on est aussi tenté de supposer que le sel s'est déposé au sein des eaux tertiaires qui à la marée pénétraient périodiquement dans les fissures des rochers, et s'évaporaient; plus tard, lors du soulèvement général de toute la région au-dessus de la mer tertiaire, cette partie du massif, qui maintenant court du Nord au Sud, fut exondée en forme de terrasses par un mouvement du sol qui se propagea de l'Est à l'Ouest, et soulevée à des hauteurs différentes; les dépôts de sel furent disloqués et leur nature physique modifiée. A Chita où, dans le Néocomien, Boussingault recueillit l'Ostrea abrupta d'Orb., l'eau du gisement de sel semble provenir d'une profondeur considérable, car elle possède une température de 50°, tandis que la température moyenne de l'air est de 11° C. à une hauteur de 1600 m. au-dessus de la mer.

Dans le grès blanc friable qui recouvre à Zipaquira les rochers adjacents au dépôt salin, je trouvai plus au Sud, à Tausa et Bogota (40° 36 lat. N.), où il affleure sous une grande puissance, des restes d'Echinides (Echinus Boussingaultii d'Orb., Spatangus etc.), de Cirrhipèdes (Balanus) de Mollusques et de Céphalapodes (Ammonites); mais tous ces fossiles étaient dans un état de conservation qui ne permettait pas une étude plus approfondie.

Probablement ce grès correspond au grès à carreaux (quadersandstein) de la Saxe. On pourrait trouver des exemplaires passables de ces fossiles dans les carrières actuellement en exploitation du Guadalupe et du Monserrate. Saenz (Contribuciones etc., 1878) parle d'une espèce d'Epiaster d'Orb. que l'on trouve dans le grès de Monserrate, et nommé par lui provisoirement Ep. Acostii, et d'un Goniopygus Ag. très semblable à l'Echinus Bolivarii d'Orb., qu'il trouva dans un grès rougâtre du Guadalupe, et auquel il donna le nom de Goniopygus Restrepii.

Sous ce grès apparaît un schiste marneux sableux: tous deux sont relevés, sur le Monserrate, de 25° environ à l'Ouest; en aval de ceux-ci, près de la ville, quelquefois fortement redressés à l'Ouest, quelquefois verticales, affleurent des couches d'argile schisteuse à charbon (houille) et des grès chloriteux: tandis que sur le Guadalupe, qui est tout près de là, le plongement de ce grès fossilifère est de 75° à l'Ouest et au pied,

au-dessus de la ville. affleurent des schistes argileux des grès grossiers. grenus, des marnes bigarrées plongeant également à l'Ouest, mais sous un angle faible.

Dans ces dépôts probablement tertiaires qui s'appuient en discordance au grès fossilifère. j'observai à Boqueron. au-dessus de Bogota. du mercure métallique, comme je l'ai dit plus haut; au pied du Guadalupe s'y trouvent çà et là intercalées de minces couches de lignite.

Des grès semblables à ceux du Guadalupe et du Monserrate forment les hauteurs de cette partie des Cordillères. et on les reconnaît sur le versant oriental encore plus bas que les couches supérieures des hauteurs. Entre Cipaque (où Boussingault receuillit un fossile analogue à Trigonia alaeformis Sow.) et Caquesa (4° 25′), on voit cette puissante couche de grès çà et là avec des argiles et schistes siliceux intercalés, former une grande courbure, se relever sur un grand rayon, ayant obéi à une pression venant de l'Est à l'Ouest, tandis que dans la colline située à l'Est de ce point elle est presque horizontale. Un peu au Nord de Caquesa dans la contrée de Fomeque, Ubaque et Choachi (où surgit une source sulfureuse de 54° C.), de même qu'à l'Est vers Quetame, où sourd une autre source à acide carbonique, de 37° 5 C., affleure sous le grès un schiste marneux qui m'offrit, outre d'autres fossiles crétacés que j'y receuillis, Ammonites Alexandrinus d'Orb., Am. Roseanus Karst. (pl. II fig. 4), Am. Nöggerathii Krst. (pl. I f. 6), Am. Santafecinus d'Orb., Am. Boussingaultii d'Orb., Am. Caquesensis Krst (pl. I f. 7). Am. Ubaquensis Krst. (pl. I f. 8), Ptychoceras Humboldtianus Krst. (pl. I f. 1.), Hamites Arboledae Krst., Crioceras Duvalii Lev. var. undulata Krst. (pl. I f. 3).

Dans ces régions supérieures du versant oriental de cette partie des Cordillères des couches tertiaires semblent faire défaut. mais on les retrouve plus bas à leur pied oriental, à la limite supérieure des Llanos de l'Orinoco. de même que sur toutes les terrasses du versant occidental jusqu'au Magdalena. Cette circonstance semble démontrer que le soulèvement de cette Cordillère se fit principalement sur le versant occidental, et eut lieu après la période miocène. à l'époque de l'éruption des trachytes des Cordillères centrales, qui amenèrent ces chaînes à leur hauteur actuelle. Les couches qui constituent la superficie de ces terrasses sont formées de dépôts diluviens (en partie alluviens) dans lesquels, surtout dans beaucoup de localités, sur la terrasse supérieure. par exemple à Canoas près Soacha. Bolsillas, Chiquinquira. on trouva des restes de Mastodon angustidens et autres Mammifères antédiluviens.

Ce grès fin et friable qui, à Bogota, affleure en couches puissantes prend çà et là une texture plus grossière; il s'y intercale des conglomérats et poudingues auxquels il passe plus tard entièrement, par exemple sur les hauteurs qui s'élèvent à l'Ouest vers Magdalena. sur les Altos de Trigo. de Guaduas, del Serjento. Ces grès reposent dans la règle sur des schistes siliceux et argileux dans lesquels je trouvai des écailles de poissons des débris de coquilles et des Polythalamies. p. ex. Orthocerina Ewaldi Krst. (pl. VI). Dans ces systèmes de couches qui, sur le côté ouest du plateau de Cundinamarca. forment partout des terrasses on trouve à la partie supérieure des conglomérats dont les cailloux renferment des Foraminifères du Crétacé supérieur; ces couches appartiennent ainsi à une période plus récente et sont donc tertiaires. Sous ces masses de roches apparaissent la plupart du temps des couches puissantes de schistes marneux fissiles. mouchetés de rouge, et donnant par désaggrégation des marnes brunes ou bigarrés; çà et là s'y intercalent des calcaires coquilliers. Ils forment le toit des calcaires et schistes siliceux noirs à Ammonites du Crétacé inférieur où prédomine Am. Galeatus Buch (pl. II f. 6). J'y recueillis en outre, sur le chemin de Bogota à Honda et à Ambalema. à Villeta: l'Am. Rothii Krst.; Am. Willisii Krst., et Cardium granatense Krst. (v. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. Berlin 1859. p. 473); à Anolaima: Rostellaria Boussingaultii d'Orb., R. americana d'Orb. Corbula columbiana d'Orb., Anatina columbiana d'Orb.; à Honda: Trigonia Hondaana Lea. Sur le chemin de Bogota à Tocayma et Ibague près Anapoima et dans les environs de cette dernière localité: Rostellaria angulosa d'Orb., R. Boussingaultii d'Orb., Cardium peregrinorsum d'Orb.. Venus chia d'Orb., Venus cretacea d'Orb., Nucula incarnata d'Orb.. Trigonia Hondaana Lea, Trigon. subcrenulata d'Orb., Trig. Lajoyei Desh., Cucullaea brevis d'Orb., Cuc. Tocaymensis d'Orb., Ammonites Treffryanus Krst. (pl. IV). Am. galeatus Buch (Am. Tocaymensis Lea) pl. II f. 6. Am. Karsteni Marcou (Am. Acostae Krst. pl. V. fig. 1). Am. planidorsatus d'Orb.. Am. santafecinus d'Orb. — A Guaduas (5° 2) Acosta recueillit Am. Guaduasensis d'Orb. Dans un calcaire très dur, blanchâtre, du Caño Morro sur le Magdalena. près de Honda, dont Acosta envoya des échantillons à d'Orbigny en 1853. celui-ci vit deux fossiles semblables à l'Ostrea vesicularis d'Orb., et à la Cyprina Royana d'Orb., qui, si elles eussent pu être déterminées avec plus de sûreté, auraient peut-être démontré ici la présence du Crétacé supérieur.

De faibles quantités de houille ou d'asphalte s'intercalent souvent entre les couches de schistes marneux rouge, par fois sableux, qui sépare le Crétacé inférieur du supérieur.

Des complexes de couches analogues forment aussi les terrasses qui à l'Ouest conduisent au Magda-

lena. avec des couches plongeant du côté de l'Est. et qui à l'Est mènent jusqu'aux plaines de l'Orénoque. avec un plongement à l'Ouest. Les roches qui les composent paraissent avoir été exposées aux agents métamorphiques (comme je l'ai dit plus haut, les terrains plus récents semblent manquer dans les régions supérieures). car sans aucun doute des roches syénitiques et d'autres espèces plutoniques affleurent çà et là dans cette partie des Cordillères; je ne les observai, il est vrai, pas en place, mais l'existence en est trahie par la présence de puissantes couches de cailloux et de graviers, au pied oriental de la chaine.

De tels dépôts de cailloux forment, sur tout le pied des Cordillères, le „Llano alto" de l'Orénoque. A Cumaral (p. 28), je les trouvai composés de roches sédimentaires. Sur le Casanare supérieur (à l'Est de Tunja et de Socorro) ces masses de graviers et de sables. hautes de 300 à 400 m.. sont séparés du pied des Cordillères par une vallée d'érosion; elles sont de plus ravinées dans tous les sens par les eaux courantes, et divisées en „Mesas" et en „Lomas" de même niveau. ainsi que nous l'avons décrit pour la Mesa Carora (p. 22).

Il me paraît remarquable que les poudingues et conglomérats intercalés entre les autres couches neptuniennes. comme c'est le cas de la vallée du Haut-Magdalena, soient à éléments de quartz, d'argile et de calcaire. que je pus parfois reconnaître comme appartenant à des dépôts du Crétacé supérieur. sans que des cailloux de roches plutoniques viennent s'y mêler. Les dépôts de graviers récents au contraire, contiennent ces espèces cristallines en grande quantité, surtout dans les lits de torrents. Sur le pied occidental de la Cordillère de Bogota, au bord du Magdalena près de Piedras (4° 29') j'observai une roche chloriteuse gisant sous le diluvien. dont, à ce qu'il semblait, elle avait disloqué les couches; à Honda (5° 12') affleure une syénite recouverte de cailloux syénitiques; probablement ces roches cristallines appartiennent-elles aux Cordillères centrales (comparez l'explication du Profil V.)

Dans la direction du Sud, on voit affleurer les mêmes systèmes de couches que ceux que j'ai décrits à l'Ouest de Bogota et qui conduisent au Magdalena. par exemple à la cascade de Tequendama, haute de 146 m., qui tombe des parois abruptes de cette montagne; à Pandi (4° 13') le célèbre pont naturel d'Icononzo sur le Sumapaz est formé par un bloc du grès supérieur pincé entre les deux parois du lit du torrent. Ce grès, puissant d'environ 85 m.. enferme quelques mines couches de quartzites.

Je retrouvai ces mêmes divisions jusque dans le Haut-Magdalena. Sur la rive droite les couches plongent à l'Est. Un calcaire argileux le plus souvent brun, coutenant des Exogyres, Cardium et autres restes de Mollusques, s'y trouve répandu en débris dans toute la contrée. Fréquemment on observe du charbon de terre, de l'asphalte et du sel gemme intercalés entre les autres couches; il en sort çà et là des sources salines. Le sol de la plaine de Neiva (3° 7' lat. N.) a la propriété du sol tertiaire de Carora et de Maracaybo, que j'ai décrit plus haut, c'est-à-dire que le bois, surtout celui de Guayac. s'y silicifie. A Timana (2° 16' lat. N.) dans le Haut-Magdalena, au Sud de Neiva, Codazzi trouva une belle caverne dans les couches calcaires.

Sur la rive gauche du Magdalena, au pied du Huila, qui appartient à la Cordillère centrale, sous la latitude de Neiva et au Nord de Carnicerias, je trouvai une couche en place du calcaire coquillier qui, sur la rive droite, n'apparaît qu'en blocs erratiques; il repose sur une marne brune qui, outre d'autres fossiles, renferme aussi des Nautiles et des Polythalamies. Dans les cailloux et graviers récents on trouve fréquemment des débris de schistes cristallins et de roches syénitiques; on ne les observe au contraire pas dans les conglomérats intercalés aux autres dépôts sédimentaires. Si ce fait se généralisait, il fixerait l'époque du soulèvement des divers terrains de cette région.

Ici, sur la rive gauche du Magdalena, je trouvai le Crétacé inférieur à Ammonites; je le retrouvai encore plus au Sud. dans les régions supérieures, de Paicol (2° 52') jusqu'à Inza au Sud-Ouest (2° 45'), au pied du Guanacas, tandis que dans les régions inférieures les couches crétacées supérieures apparaissent plongeant à l'ouest.

Steinmann reconnut deux Ammonites recueillies dans cette région par Stübel — l'une dans un grès jaune-brun entre Pital et la Plata (2° 34' lat. N.), l'autre dans un calcaire noir bitumineux, dont les couches sont coupées par le Rio Guayabo — ce sont des formes voisines des Amaltheus; l'une est du groupe de l'Am. pustulatus, l'autre ressemble beaucoup à l'Am. costatus (= spinatus). Cet étage serait donc du Jurassique ancien ou Lias, et c'est jusqu'ici le seul affleurement de cette division que l'on ait observé dans le Sud-Amérique, au Nord de l'Equateur; tandis que d'après Stelzner, au Sud de l'Equateur (de 5° 40' à 36° 50') les Cordillères sont en partie accompagnées de couches jurassiques.

Au Nord d'Huila, au pied du Barragan, près de Chaparral (3° 52' lat. N.), Acosta trouva un calcaire noir en place, et Codazzi à Capellania dans la même contrée (à l'ouest de Purificacion 3° 95' lat. N.) une Ammonite indéterminable. Asphalte et pétrole, houille et sel gemme se trouvent souvent intercalés dans ces couches qui, sur le torrent de Taluni, présentent une caverne splendide. Quelques blocs de roches trachy-

tiques et syénitiques indiquent la constitution des Cordillères centrales dans cette contrée; le versant est de la chaîne est recouvert par les couches sédimentaires crétacées et tertiaires. — Plus au Nord à Sta. Ana (5° 7′ lat. N.), je trouvai aussi des dépôts tertiaires à fossiles (belles empreintes de feuilles d'arbres dicotyles fort semblables à celles de la végétation actuelle); ceux-ci reposent sur des schistes frittés et métamorphosés, traversés par de riches filons métallifères, ici à minérai d'argent, desquels, au village de Guayaval, sort une source saline; au contraire. dans les localités septentrionales voisines, au pied sud du Tolima, le crétacé affleure aussi, à ce que d'Orbigny reconnut d'après les fossiles recueillis par Boussingault à Ibague (4° 27′) sur le Rio Coello et dans la vallée de St. Juan, à savoir: Ammonites alternatus d'Oorb., A. columbianus d'Orb. et Inoceramus plicatilis d'Orb.

Le versant occidental de cette partie de la Cordillère centrale est d'une constitution analogue; je le gravis 2 fois, à savoir le Guanacas (2° 30′) sur le revers nord du Puracé, entre Popayan et Neiva, et le Quindio (4° 35′) au revers sud du Tolima entre Cartago et Ibague. Dans les roches de ce versant ouest, entre ces deux passages, je ne découvris cependant aucun fossile, peut-être seulement parce que les circonstances ne me permettaient pas de les rechercher plus soigneusement. Ce versant consiste, de Popayan au nord jusqu'à Buga (3° 56′) en puissantes couches de marnes rougeâtres (tufs volcaniques?) disposées au pied d'escarpements abrupts et souvent de parois de rochers presque verticales; dans les régions plus basses, plus rapprochées de la rivière Cauca, se trouvent, à ce qu'il semble, des couches tertiaires plongeant à l'est et recouvertes de marnes, sable et cailloux provenant de roches plutoniques ou volcaniques. Au Nord de Buga (3° 56′) du côté du Quindio, des dômes arrondis forment les versants de cette partie de la Cordillère centrale; ici, au pied de cette chaîne, prédomine un grès tantôt fin, tantôt grossier, le plus souvent plongeant de 45° l'est et qui passe souvent à un conglomérat; cette dernière roche est formée de cailloux de quartzites foncés, de schistes argileux et de roches plutoniques. A Cartago (4° 45′) affleure une formation d'eau douce dans les couches de laquelle s'intercale un schiste siliceux formé par diverses espèces de Galionelles (pl. VI, 7).

A l'est de Cartago les masses trachytiques du Tolima (5616 m), et de la mesa Nevada de Herveo (5590 m), avec les cônes volcaniques de Ruiz (5300 m) et de St. Isabell (5100 m), percent la chaîne plutonique. Je ne pus visiter cette partie des Cordillères et ne la connais que d'après ce qu'en ont dit Degenhard et Boussingault. Les schistes métamorphiques et plutoniques (micaschistes, etc.) qui, au pied des Cordillères, à Ibague et Cartago, sont redressés à 45° contre la chaîne, se relèvent d'autant plus à mesure qu'on approche de la masse trachytique du volcan de Tolima, éteint depuis 1595; en contact immédiat avec le trachyte Boussingault vit des schistes micacés passant à des schistes amphiboliques et redressés verticalement; à Agua caliente, sur le Quindio, des Andésites perçaient, selon lui, des schistes micacés non modifiés. Le même observateur remarqua, à la hauteur de 4300 m d'abondantes masses de vapeur d'eau qui s'échappaient du fond de l'ancien cratère; il les trouva mélangées de gaz acide carbonique et d'hydrogène sulfuré. Sur le Paramo Ruiz Boussingault constata l'existence d'une source thermale très riche en acide sulfurique libre et en acide chlorhydrique. En 1839 Degenhard vit encore des colonnes de fumée s'élever du Paramo Ruiz (Herveo), d'où, pendant le tremblement de terre du 16 Novembre 1827, s'échappèrent de grosses masses de boue contenant de l'hydrogène sulfuré. Sur ce versant occidental du Ruiz, surgit la source sulfureuse connue sous le nom de „Termales"; Codazzi lui trouva une température de 64° C. Sur les pentes de cette montagne affleurent de grandes quantités de pierre ponce et Codazzi y remarqua, à ce qu'il me dit lui-même, des charbons et des troncs de fougères carbonisés enchâssés dans le Trachyte.

Déjà Degenhard avait fait connaître (Karsten's Archiv XII, 1839) que le versant de la Cordillère d'Antioquien, du Paramo Sonson (5° 40′ lat. N.) jusqu'à environ 80 milles anglais au Nord, est formé principalement par des roches plutoniques; ce sont des granites fins, passant parfois à des syénites, et sur lesquels reposent des gneiss, diabases, porphyres, schistes amphiboliques, micacés ou argileux, des grès et conglomérats. Ces dernières couches, d'origine sédimentaire, avec d'autres schistes argileux et calcaires que d'après le dire de Codazzi je tiens pour du Crétacé, composent l'extrémité nord de cette Cordillère centrale.

Dans beaucoup de localités de cette province se trouvent, dans les roches plutoniques, des pyrites et veines de quartz aurifères. C'est dans un de ces filons, à Sta. Rosa (6° 30′) dans un quartz riche en hydroxyde de fer, que Boussingault découvrit en premier lieu le platine dans la roche en place. Dans le diluvium on trouve du platine en quantités considérables à côté de grains d'or dans les vâllées de l'Atrato et de St. Juan; il diminue au Sud de l'embouchure du St. Juan à la côte de l'océan; il paraît exister surtout dans les porphyres de la Cordillère occidentale au nord du quatrième degré.

Sur „La Mesa", haute de 3610 m., de Sta. Rosa et du Rio Negro, les masses plutoniques sont recouvertes, sur une étendue considérable, d'un grès qui passe à la base à des conglomérats siliceux et enferme des lits de houille et de lignite; il est recouvert lui-même presque partout d'une couche de fer hydroxydé, sur la-

quelle gît une autre couche de sable aurifère, de 1,5 m de puissance; celle-ci supporte à son tour de minces lits d'argile. Sur ce plateau, à El Quarzo, surgit une source iodifère, „El Retiro", directement du granite. Les collines qui environnent cette source, sur la rive droite de Rio negro, qui se jette par la Nare dans le Magdalena, sont constituées par un grès alternant avec des couches d'argile très fine, en lits minces, et à belles empreintes de feuilles, rappelant du reste des faits semblables que nous observons à Sta. Ana de Mariquita, au Sud de notre point, au pied oriental des Cordillères; ce grès repose ici, en lieu et place du sable aurifère, sur du fer hydraté et celui-ci à son tour sur des alternances de lignites et d'argiles.

Cette partie de la vallée de Cauca renferme beaucoup d'autres sources salées; la plus connue est celle de Guaca près Medellin (6° 8'); elle contient du iode avec des traces de brome et sort d'un grès à lignite reposant sur de la syénite. Une source semblable sourd, dans le voisinage, d'une roche porphyroïde; une autre, „La Salina", d'un schiste amphibolique encadré de syénite.

L'Alto de Corcovado, qui s'élève dans le voisinage de Titiribi (5° 56 lat. N.) est constitué d'après Degenhard par du granite, du porphyre et du trachyte. Ce naturaliste tient pour volcaniques les cônes de Sillon et de Cerro de Tusa (5° 50' lat. N.), à cause de leur forme.

Dans la contrée d'Anserma (5° 50' lat. N.) affleure, d'après Posada-Arango, un calcaire à Trigonia abrupta, et déjà Degenhard et Boussingault recueillirent d'autres fossiles crétacés, sous la même latitude, sur la rive gauche du Cauca, près de Supia (5° 23'). Plus au Nord, à Betulia, sur la rive occidentale du Cauca, Posada-Arango m'écrit qu'on a découvert une dent de Mammouth. A Magungue, près de l'embouchure du Cauca dans le Magdalena, on trouve d'après le même observateur d'autres parties du squelette d'un Mammouth. Posada-Arango en possède lui-même un fémur. A Saragoza (7° 20' lat. N.) sur le Nechi se trouvent des dépôts de cailloux aurifères, à cailloux blancs ou jaunes, empâtés dans une argile rouge qui repose sur un schiste argileux foncé, de même qu'à Simiti, St. Pablo et Nare sur le Magdalena inférieur.

Sur les flancs occidentaux de la vallée du Cauca, dans cette Cordillera occidental que je visitai sur le Segueuge (2° 28') me dirigeant au N.-W. de Popayan d'ici au Nord jusqu'à Vijes (3° 40' lat. N.) je trouvai des couches que j'attribuai au Crétacé supérieur, recouvertes d'argiles, de poudingues et de grès friables à fossiles tertiaires. Dans ces premières couches se trouvaient des Polythalamies, et des Bivalves, entre autres un Pecten assez commun, plus des Polypiers et des débris d'Echinides, le tout empâté dans un calcaire pur ou sableux contenant des débris de schiste argileux, de même que dans le grès très grossier qui le recouvrait. A Vijes ces complexes reposent sur un calcaire fritté, parfois marmoroïde, qui alterne avec un schiste argileux brun, siliceux.

Un autre schiste argileux jaune, quartzeux, semblable à celui de la chaine littorale intérieure de Vénézuela et comme celui-ci se délitant en fragments parallélipipédiques, affleure entre Mulalo et Vijes; il est traversé de veines de quartz aurifère. Des filons de quartz de même nature, à paillettes d'or et de platine apparaissent dans le „Valle del Salado" (Campo allegre) entre Cali et Juntas. Les débris de ces couches sont probablement la cause principale de la richesse en or et platine des dépôts de cailloux de la côte occidentale et de ceux des parties supérieure et moyenne de la vallée du Cauca. Sur la côte occidentale ces gîtes de métaux nobles se trouvent du 1e au 4e degré de lat. Nord, c'est-à-dire de l'Esmeraldas au Sud à St. Juan au Nord; ici ce terrain aurifère quitte la côte et suit la Cordillère occidentale en remontant la rive gauche du St. Juan, puis redescend sur la rive droite de l'Atrato. Les montagnes de Baudo et les rivages immédiats de l'Atrato et du St. Juan sont privés d'or. C'est surtout dans la couche la plus inférieure, épaisse de quelques pouces, d'un Diluvium puissant de 6—7 mètres, que les métaux se trouvent le plus abondamment. Ce Diluvium recouvre le pied et le versant des Cordillères, dans cette contrée sous le terrain d'Alluvion, de 40 à 900 m. d'altitude. Le Diluvium aurifère est formé de débris de roches plutoniques et crétacées; il est recouvert d'Alluvium, qui, au Sud, où affleurent des trachytes, est composé en grande partie des débris de cette dernière roche. Dans le bassin bas de l'Esmeralda, Wolf trouva ce Diluvium métallifère reposant en discordance sur des couches tertiaires et séparé de l'Alluvium par des masses puissantes de tuf volcanique. Ce Diluvium aurifère monte cependant jusqu'à 3000 m. sur les hauteurs trachytiques à Guachaves près de Tuquerres.

Si nous nous dirigeons de nouveau au Sud vers les sources du Cauca, nous voyons que les volcans de Puracé et de Sotará qui, par 2° 20' et 2° 15' lat. N. s'élèvent de la chaine plutonique de la Cordillère centrale, sont reliés l'un à l'autre par les hauteurs neigeuses, formées de roches trachytiques, de Coconucos; ils sont en outre réunis par leur prolongement Sud, constitué en grande partie par des roches volcaniques, avec le volcan de Pasto. Ces premières sommités provoquent dans la vallée que forment la Cordillère centrale avec les Cordillères occidentales une élévation, un exhaussement qui y détermine la séparation du bassin nord ou du Cauca et du bassin méridional ou du Patia.

Digne de remarque est, dans ces deux dernières vallées du Cauca et du Patia, la présence fréquente de sources salines iodifères, que l'on trouve d'Antioquia à Pasto et jusque dans le plateau trachytique de Quito. Sur le volcan de Pasto et sur celui de Puracé ces sources salines à teneur de brôme et de iode surgissent, d'après Boussingault, directement du trachyte; un cas cité est celui au nord du village de Pitayo, avec la „Salina de Asnenga". A La Paila dans la vallée du Cauca, au pied occidental de la Cordillère centrale, 0° 17′ au Sud de Cartago, le même naturaliste vit une source saline sortir de la syénite; dans la vallée du Patia d'autres sources semblables sortaient d'une syénite porphyrique. Peut-être des circonstances analogues expliquent-elles la présence singulière de tuf volcanique à cristaux de sel gemme sur le Cotacachi en Ecuador. Sur le versant nord-est de ce volcan, qui dépasse la limite des neiges, sur la rive escarpée de la Mica, affleure une marne sableuse contenant du sel gemme avec 1—2 % de iode; elle est exploitée pour le sel; dans cette marne sont enfermés des cailloux de diverses roches cristallines, de trachyte et de pierre-ponce. Ce tuf salin, qui s'étend sur une surface d'environ ½ mille carré, repose sur un trachyte à masse fondamentale augitique avec de cristaux de feldspath vitreux (Sanidine). Dans la saison sèche on enlève la couche superficielle de ce tuf, laquelle est très riche en sel, et on la lave; la couche sous-jacente, d'environ 1 m de profondeur, est moins riche, probablement parce que le sel est transporté à la surface par les eaux qui s'évaporent. On pourrait croire que ce tuf ait été rejeté par le volcan ayant déjà cette composition, s'il n'était entouré de tuf non salifère, tel que celui-ci se trouve presque partout sur ce plateau volcanique.

En descendant de Popayan dans la vallée profonde et ravinée du Patia, on voit affleurer sous de puissantes couches horizontales de marne et de cailloux, une argile quartzeuse frittée, se délitant en fragments parallélipipédiques, çà et là passant à de la chlorite, le plus souvent traversée de veines de quartz blanc; cette argile est bleue et à la surface le plus souvent colorée en brun par les phénomènes d'oxydation; elle plonge de 45°. A la Horqueta (1719 m. h.), au pied ouest du Sotará, une marne de même couleur enferme des lits de cailloux de porphyre dioritique colorés à la surface de la même teinte. Ces couches purent être observées jusqu'à Arboles (2° 15′ lat. N.), où affleure un trachyte.

Le chemin qui conduit dans la vallée du Patia traverse des masses de porphyre et de trachyte, des couches de cailloux et des pendages de marne quartzeuse trappéenne, en partie un tuf volcanique. Ces couches trappéennes ne me parurent être qu'un produit de décomposition du porphyre. Plus en aval affleurent des lits de grès et de poudingues, de quartzites et de marne relevés à l'Ouest. Dans le voisinage de la Quebrada Guavita, avant de passer le pont, en descendant, on trouve des moules de Gastéropodes (tertiaires?) dans une marne argileuse qui s'appuie au porphyre du Sotará.

Les hauteurs de moindre importance qui parcourent la vallée de Patia sont constituées, pour autant que je les étudiai, par des grès gris sans consistance et des conglomérats de cailloux quartzeux blancs ou foncés, qui alternent avec des marnes sableuses grises, rarement brunes. Ces complexes de couches, plongeant 45° Ouest, sont recouverts encore çà et là, au côté gauche de la vallée, par des couches horizontales de sable, de marnes ou de gravier dont les éléments sont des quartzites, schistes argileux, calcaires coquilliers tertiaires, des diorites, trachytes et autres espèces de roches composant les Cordillères centrales dans le voisinage. Sur la rive droite du Patia les cailloux sont fournis par un porphyre analogue à celui de la rive gauche, mais la syénite a un grain plus fin.

Les couches supérieures de cette contrée sont constituées par une argile mouchetée ou brune séparée en gros sphéroïdes. Dans le ruisseau de Sarzal près de Patia (680 m d'altitude) se trouvent des cailloux d'un calcaire fossilifère noir, sableux et d'un autre calcaire jaune, argileux, comme ceux qui affleurent en place près de Seguenge, sur le Haut-Cauca.

Plus au Sud, près de Mercaderes (1° 44′ lat. N.) et de Sombrerillos (à 1271 m. d'altitude), je retrouvai ces couches tertiaires, plongeant à l'Est, peu puissantes, qui composent les hauteurs de la vallée du Patia; elles étaient recouvertes de puissants systèmes horizontaux de couches de sable, de marne et de cailloux des roches plutoniques ou volcaniques qui constituent les montagnes limitrophes de la Cordillère centrale. Entre les marnes friables et les couches de tuf j'observai de même, aux environs de Sombrerillos (1° 40′ lat. N.) une couche d'obsidienne d'environ 0.5 dm. d'épaisseur.

Ces circonstances démontrent que les hauteurs de Patia, soulevées conjointement avec l'éruption des masses volcaniques, restèrent encore sous la surface de la mer et furent recouvertes par les produits volcaniques, et les débris de roches métamorphosées, que roulaient les courants marins; après leur exhaussement ultérieur au-dessus de la mer, les eaux courantes les délivrèrent, au moins partiellement, de ce manteau.

De la vallée du Patia le chemin me conduisit à Pasto en passant les rivières de Mayo et de Juanambu, et les villages de Venta et de Beruecos. Le terrain de cette contrée du Mayo consiste en couches

de marne sableuse renfermant des fragments de roches cristallines schisteuses ou autres, de même que des cristaux et fragments de grenat, spinelle, rubis-spinelle et de saphir.

La présence de ces minéraux dans cette marne, à côté des débris de roches mentionnés plus haut, ferait supposer que cette assise n'est qu'un tuf volcanique, le produit de décomposition, par des forces volcaniques, du massif primitivement plutoniqe de cette région; ce tuf aurait recouvert, à l'état de boue ou de cendre volcanique, cette contrée alors probablement encore sous les eaux de la mer, et la couvre encore maintenant jusque près des sommets proprement dits, composés de trachytes. — Sur le versant du mont de la Venta affleure sous ce tuf (cangagua) une marne schisto-sableuse, rouge-brun, qui alterne avec un grès quartzeux de même couleur. Sur le Juanambu reposent par dessous cette cangagua de puissants dépôts de cailloux et de conglomérats composés de roches quartzeuses, ou schisteuses, métamorphiques, cristallines massives et porphyriques. Ces roches se trouvent en place dans le voisinage du Juanambu.

D'ici au Sud la Cordillère centrale borne immédiatement les plaines du Marañon, car l'extrémité sud de la Cordillera oriental se réunit ici, au Paramo de las Papas (1° 58′ lat. N.), avec la Cordillera central. Cette extrémité sud de la Cordillera oriental est constituée d'après Codazzi (Felipe Perez, Jeografia, etc. I. p. 409) non pas par des roches plutoniques, mais presque exclusivement par des couches de transition et des dépôts sédimentaires. Aux environs du volcan de Patascoï (Bordoncillo, haut de 3800 m.), à l'Est de Pasto (0° 14′), se trouvent des trachytes qui affleurent de même dans les rivières de Fragua et de Yurayaco. Ces affluents du Caqueta sortent du groupe de montagnes du Fragua, composé de 3 sommités ressemblant à des volcans désignées sur les anciennes cartes, d'après leurs noms, comme des volcans. La roche prédominante de cette partie de la Cordillère paraît cependant, d'après Codazzi, être de la syénite, dont on trouve des cailloux dans le sable aurifère du Caqueta; il est en outre probable que dans le Paramo de las Papas la masse sédimentaire ici traversée par du trachyte de la Cordillera oriental qui court au Nord s'appuie aux terrains primaires de la Cordillera central.

Outre les trois Cordillères de la Nouvelle Grenade qui, partant de cette région située entre Popayan et Pasto, se dirigent au Nord, se trouve encore, au N.-W., une petite chaîne basse, qui commence sur la rive droite de St. Juan (4° 30′), et d'une altitude moyenne de 300 m. environ: la Cordillère côtière de Baudo, qui occasionne la formation d'une 3e vallée longitudinale de quelque importance. Cette vallée est divisée en deux bassins hydrographiques par un rameau qui forme la ligne de partage des eaux et, par 5° 20′ de lat. N., se sépare dans le Cerro Caramanta (3.100 m d'altitude) des riches montagnes métallifères des Cordillères orientales, et se dirige à l'Ouest. Les points culminants de ce rameau sont: Cuchado, Dojura et Mombu. Les deux bassins hydrographiques dont il est fait mention plus haut sont 1° celui de St. Juan qui d'ici se dirige d'abord à l'Ouest puis au Sud vers le Pacifique et 2° celui de l'Atrato qui, coulant d'abord également à l'Ouest et ensuite au Nord se déverse dans la mer des Caraïbes. Cette chaîne côtière occidentale est constituée principalement par des couches de conglomérats, de sables et de brèches coquillières, comme je le dis autrefois d'après une communication verbale de Codazzi; ces couches me fournirent un échantillon de Pholas costata, que je présentai à la société des géologues allemands (Zeitschrift, etc., 1861, p. 524), et qui prouve que le dépôt de ces couches ne remonte pas au-delà du Tertiaire. Dans l'édition des travaux de Codazzi publiée par Felipe Perez cet auteur confirme la description que j'en ai donnée en 1856 (Jeografia, etc., 1862, vol. I. 314) et il dit: „La Cordillère qui se dirige dans l'Isthme de Panama est nommée „de los Andes"; c'est la „même qu'on appelle montagnes de Darien ou de Tagargona, dont la constitution géologique correspond à celle „de la Cordillère orientale des Andes de Colombie. Dans le voisinage des hauteurs d'Aspave (7° 15′ lat. N.) „on constate l'apparition d'un terrain très récent, tertiaire; il forme ce bas chaînon appelé „la chaîne du littoral", „ou „de Baudo", qui du Nord au Sud s'étend des monts d'Aspave ci-dessus mentionnés jusqu'aux bouches du „St. Juan (env. 4° 10′ lat. N.). Cette Cordillère côtière court parallèlement à la Cordillera occidental des „Andes . . . . . . où prédominent les porphyres feldspathiques, etc." — Marcou au contraire corrige mes données de 1856 et décrit cette chaîne d'après Maak; il dit que ce massif est formé par des roches plutoniques et qu'il se continue immédiatement, au Nord, dans la Serrania del Darien.

Ce massif de Darien ou de Tagargona commence, d'après Codazzi, à la côte méridionale de la partie orientale de l'Isthme, traverse celui-ci tout de suite en direction N.-E. puis longe la côte de l'Atlantique du côté de l'Ouest, se dirige de nouveau au Sud et décrit ainsi un arc, dans le voisinage de Panama (9° 10′ lat. N., 79° 34′ long. occid.), pour disparaître ensuite sous les plaines couvertes de terrain volcanique meuble. Bientôt cependant, plus à l'Ouest (80° long.) ce chaînon reparaît sur la côte méridionale de l'Isthme et, s'allongeant du côté de l'Ouest, se rapproche de la côte nord. Son versant sud, plus escarpé, est parsemé de nombreux cônes volcaniques dont la masse trachytique augmente en étendue plus à l'Ouest et forme la Cor-

dillère du Nicaragua. Sur le versant nord, moins escarpé, de cette Cordillère de Panama, c'est-à-dire le versant tourné vers l'Atlantique, de même que dans les plaines basses à nombreux cônes de dolérite, de trachyte et de basalte, situées entre Panama et Chagres, gisent des alternances de tufs et de conglomérats volcaniques d'une part, avec des brèches tertiaires coquillières d'autre part; ces dernières indiquent ainsi l'âge des éruptions volcaniques de cette contrée; il affleure aussi ici des couches inclinées d'un grès rouge et bigarré peut-être tertiaire. Dans la zône qui borde l'Océan atlantique s'intercalent souvent à ces couches des lits de charbon.

C'est à M. Wagner que nous devons la première description, qu'il fit d'une manière approfondie, de cette structure de Panama.

En **Ecuador** au Sud de Pasto nous retrouvons les mêmes conditions que j'ai décrites plus haut mais sur une échelle beaucoup plus grande. Les cônes de trachyte qui, dans l'Isthme et dans la Cordillère centrale, et au Sud jusqu'à Pasto, forment une série qui perce çà et là le massif plutonique constitué par les syénites, granites, gneiss, porphyres, et schistes cristallins, ces cônes isolés, dis-je, sont remplacés d'ici à l'Azuay en Ecuador par un plateau formé de produits volcaniques, large de 4—5 milles, et divisés en deux moitiés longitudinales par le col de Tiupullo, qui se trouve entre Cotopaxi et Iliniza (par 0° 40′ lat. S.). Ce plateau est semé de cônes volcaniques, trachytiques, dont quelques-uns sont encore en activité; ils ont surgi sur le versant occidental du massif plutonique qui s'élevait autrefois ici et dont les restes existent encore isolément; leurs éruptions successives le détruisirent plus ou moins complètement, avec les couches neptuniennes qui s'y adossent, ou plutôt elles paraissent l'avoir englobé. Quelques arêtes et sommets seulement de ce massif plutonique et métamorphique restèrent çà et là libres; ces sommets sont nombreux surtout sur le côté oriental de ce plateau coupé par de profonds et étroits torrents; citons entre autres le Llanganate, autrefois l'objet de nombreuses explorations à cause de la richesse en or qu'on lui supposait, tandis qu'il ne livre que de l'argent et de la pyrite; il est situé au Sud-Est de La Tacunga (1° 10′ lat. Sud); parfois ils portent sur les flancs des couches sédimentaires soit verticales, soit inclinées, soit horizontales. Fréquemment on trouve dans les trachytes de gros blocs, comme je les ai vus à l'Azufral et au Chimborazo, des couches ou des masses entières de ces roches, intercalées.

Deux rangées longitudinales des plus hauts cônes trachytiques forment les bords est et ouest de ce plateau; entre celles-ci s'élèvent d'autres cônes plus bas. L. Dressel compte dans l'Ecuador 39 volcans proprement dits, dont beaucoup, comme l'Antisana, le Pichincha, le Cayambe, l'Igualata forment à eux seuls des systèmes entiers de montagnes. Du Nord au Sud on trouve:

a) au bord occidental de la Cordillère.		b) entre les deux.		c) au bord oriental.	
		I. Province d'Imbabura.			
1. **Chiles**	4780 m.	4. Mojanda	4249 m.	5. Imbabura	4582 m.
2. Yanaurcu	4966 „			6. Cuvilche	3882 „
3. **Cotacachi**	5556 „			7. Pablo urcu (Cusin)	4012 „
		II. Province de Pichincha.			
8. Pululagua	3319 m.	14. Ilalo	3161 m.	18. **Cayambe-urcu**	5840 m.
9. Rucu-Pichincha	4737 „	15. Pasechoa	4255 „	19. Pamba marca	4093 „
10. Guagua-Pichincha	4787 „	16. Rumiñagui	4192 „	20. El Puntas	4462 „
11. Atacatzo	4539 „	17. Los cerros de Chaupi	3997 „	21. **Antisana**	5756 „
12. **Corazon**	4787 „			22. **Sincholagua**	4988 „
13. **Iliniza**	5305 „				
		III. Provinces de Leon et de Tunguragua.			
23. Quilotoa	4010 m.	24. Putzalagua	3515 m.	25. **Cotopaxi**	5943 m.
				26. **Quilindaña**	4919 „
				27. **Tunguragua**	5087 „
		IV. Province de Chimborazo.			
28. **Carihuairazo**	5106 m.	30. Igualata	4452 m.	34. **Altar** (Capac Urcu)	5404 m.
29. **Chimborazo**	6310 „	31. Cerro de Calpi	3240 „	35. **Sangay**	5323 „
		32. Cerrito de S. Antonio	2881 „		
		33. Tulabug	3324 „		
		V. Province d'Azuay.			
				36. **Azuay**	4600 (?)

Ici se placent encore les deux volcans moins élevés de la côte 37. Cerro bravo et 38. Cerro de St. Vincente, plus 39. le Guacamayo dans la forêt vierge de la province d'„El Oriente" *).

Ces imposantes sommités volcaniques sont formées par des entassements de couches d'un trachyte (andesite) compact, foncé, parfois presque noir, ou aussi porphyroïde. On remarque de même, dans la plaine qui les environne, par dessus des brèches, graviers et autres dépôts sédimentaires, des coulées de ces mêmes trachytes, intercalées entre des couches de tuf et légèrement poreuses à la surface, scoriacées, souvent séparées en forme de prismes basaltiques; on trouve en outre de la pierre-ponce, la plupart du temps à l'état de cendre ou de lapilli, parfois cependant en couches formées de blocs ayant souvent un volume d'environ 100 m. c. (ainsi dans les collines de Zumbalica et de Guapalo près de St. Felipe, dans le voisinage de La Tacunga au pied du Cotopaxi); de plus, des assises, dont quelques-unes atteignent plusieurs centaines de mètres de puissance, du tuf volcanique (cangagua) englobant des fragments d'andesite, d'obsidienne et de pierre-ponce.

Les versants est et ouest de ce plateau volcanique sont en général recouverts de couches neptuniennes: schistes quartzeux et ardoisiers, brèches et conglomérats de ces mêmes couches, parfois aussi de marnes, de sables et de tufs calcaires.

Il existe de ces dépôts de cailloux plutoniques non seulement à la partie inférieure de ces contreforts des Cordillères, qui sont formés par des roches sédimentaires ou métamorphiques, mais encore, çà et là, jusque sur leurs arêtes culminantes et sur les versants supérieurs des volcans, et même souvent dans des localités où il me fut impossible de découvrir, dans le voisinage, la roche en place.

Ces amas de cailloux sont répandus partout dans cette contrée volcanique; ils y gisent intercalés entre des marnes, des tufs ou des sables. Mr. Visse a observé et discuté (Comptes Rendus, 1849, XXVIII., p. 303) les innombrables blocs de trachyte, diorite et syénite, etc., quelquefois de 900 m.c de volume, qui gisent, quelquefois dégagés par les eaux de pluie, dans le détritus qui lui sembla plus récent que le Crétacé et qui recouvre les versants des Andes près de Quito. Quelques-uns de ces blocs montrent des surfaces polies, mais non striées.

Près de Tuquerres des cailloux de même nature de ces roches cristallines forment de puissantes couches d'un grès friable, surmontant des dépôts de tuf à fragments d'andésite, et recouverts de sables et de marnes; ces complexes de couches plongent ici de 40 ou 45° dans différentes directions,

A la Chorera, sous ces couches qui remplissent la plaine de Tuquerres, du côté du Guaitara, on observe des escarpements d'environ 100 m. de hauteur, composés d'amas de cailloux de roches cristallines (granite à feldspath rouge, schistes cristallins, andésite, fragments de colonnes basaltiques, etc.); ils reposent sur un puissant dépôt de tuf volcanique, à l'aspect marneux. Des dispositions analogues se retrouvent à Bombona, au pied sud du Pasto.

A La Laja, prés du pont de Rumichaca (Puente del Inca), on observe dans la boue volcanique stratifiée une couche de lave trachytique soit compacte, comme de l'andésite, soit scoriacée. Cette coulée de lave repose directement sur une assise de plusieurs pieds de puissance, de cailloux et de fragments d'andésite, de syénite, d'amphibolite ou de grès, englobés dans un tuf marneux jaunâtre (cangagua); quelques-uns de ces cailloux portent encore sur eux la trace du contact de la lave trachytique incandescente. Ces couches, tant les dépôts sédimentaires que les coulées trachytiques, se correspondent sur chacune des deux rives escarpées de la Guaitara, et la différence de hauteur à laquelle affleurent ces assises de chaque côté du torrent fait supposer que le lit de la Guaitara est dû à un soulèvement postérieur qui provoqua le crevassement de tout ce complexe. Plus en amont de ce cours de la Guaitara, s'intercale au milieu de couches semblables (marnes, graviers et tufs), un banc de calcaire siliceux, renfermant des carapaces de Foraminifères. A cette place les deux rives sont très rapprochées et un bloc de cette roche est pincé entre les deux de manière à permettre la traversée du torrent. C'est le Pont des Incas (Puente de Rumichaca) que l'on mentionne souvent.

Toutes ces conditions de gisement démontrent, comme je l'annonçai déjà en 1856 à la réunion des naturalistes à Vienne, que les couches de débris volcaniques, aussi bien que les laves trachytiques qui les recouvrent, ont dû en partie se déposer au fond de la mer, déjà avant le soulèvement des Cordillères jusqu'à leur hauteur actuelle.

La forme des cônes andésitiques parle de même en faveur de l'exhaussement des masses volcaniques déjà solidifiées. Tous les cônes se composent, comme je l'ai dit, de couches d'andésite d'un à plusieurs mètres de puissance et entassées les unes sur les autres. Toutes les montagnes andésitiques que je visitai

*) Les volcans dont les noms sont imprimés en caractères gras dépassent la limite des neiges. Les nouveaux mesurages barométriques exécutés par Whymper sont plus ou moins différents de ceux ci-dessus mentionnés.

présentent des parois verticales, de près de 1000 m. en hauteur et en largeur; ce sont évidemment des masses de roches fendues verticalement. Ce fait harmonise avec la déduction, que j'ai tirée de la disposition des couches sédimentaires, à savoir que tout ce massif volcanique s'est soulevé du sein de la mer tertiaire. D'après mes observations, ce sont surtout les côtés est et ouest de ce massif trachytique, et principalement ces côtés là des cônes pris isolément, qui ont subi ce crevassement vertical. Cependant ces parois nues et presque perpendiculaires des cônes disséminés sur le plateau s'offrent tout aussi bien à l'observateur dans d'autres orientations et l'on ne tarde pas à y reconnaître la stratification (ou division en plaques) de la masse rocheuse, qui au premier abord parait être d'un seul bloc. L'Azufral, le Cumbal et le Chiles, volcans situés près des frontières de la Nouvelle-Grenade et de l'Ecuador, au côté ouest du haut-plateau, qui commence ici, apparaissent, vus de l'Est dans la direction du plateau, comme des dômes arrondis, et sont chacun, à leur pied occidental, crevassés de fissures rayonnantes en éventail, presque verticales et profondes de 300 m. environ, se rétrécissant près du centre, soit près du sommet et s'élargissant plus ou moins vers la périphérie.

Pour le voyageur non au courant de ces faits les bords, couverts d'arbres ou de buissons, de ces parois nues et tombant sans transition presque verticalement, ne sont pas sans offrir quelque danger. Me trouvant une fois sur le versant ouest des régions supérieures du Chiles, il m'arriva tout à coup de perdre pied alors que, m'étant aventuré sur un fouillis de racines, je regardais au-dessous de moi le torrent qui bouillonnait à 300 ou 400 m. plus bas. — Sur l'Azufral on peut passer une de ces crevasses, assez près de son extrémité supérieure, sur une dalle de roche pincée entre ses bords, et qui sert de pont naturel — comme ceux de Rumichaca et d'Icononzo (page 30) — de là on peut contempler à vol d'oiseau le spectacle de toutes façons charmant qui s'offre à nos yeux: sous le spectateur les vols de Guacharos*), qui s'ébattent dans le demi-jour jeté par la crevasse, nichant dans la partie supérieure de celle-ci, à son extrémité centrale, couverte de végétation et située près du cratère occidental, le plus élevé; ils s'élancent un peu au-dehors, dans la partie plus élargie de la crevasse (env. 35°), sur le fond de laquelle, environ 1000 m. plus bas, une fraiche verdure brille de tout son éclat aux rayons du soleil.

Sur le versant oriental de cette Cordillère, aux frontières de la Nouvelle-Grenade et de l'Ecuador, je trouvai les pentes du Troya crevassées de la même manière; les parois de ces crevasses était çà et là divisées en prismes verticaux de dimensions colossales. A l'une de ces parois presque verticales, quoique couverte d'arbres et de buissons, un chemin en zig-zag en façon d'escalier me conduisit des sommets arides et froids du Paramo dans le paysage luxuriant du Marañon supérieur, qui s'étalait droit au-dessous.

Il est difficile d'admettre que ces masses de roches soient sorties du sein de la terre dans leur forme actuelle, sans modification; leur naissance ne se laisse expliquer que par une pression en même temps verticale (de bas en haut) et latérale, agissant de l'intérieur du plateau des Andes, par laquelle pression les parties extérieures et inférieures des versants des volcans latéraux, parties situées au-dessous du niveau du plateau, furent poussées au dehors par compression et par là même crevassées en forme d'éventail.

Sur le volcan de Chiles, haut de 4840 m., couvert de neige et dont le cratère se trouve sur le versant sud au dessous de la limite des neiges éternelles de puissantes couches de conglomérat trachytique recouvrent les parties nord-ouest de ces rochers crevassés et forment la région supérieure d'une paroi verticale d'environ 1000 m. de hauteur. Probablement cette couche composée de bombes, scories et cendre volcaniques fut-elle soulevée avec la lave trachytique sous-jacente, fendue verticalement en même temps qu'elle, et isolée par là du cratère lui-même, dont cette partie est maintenant séparée par une assez large vallée.

Le volcan conique de Cumbal (4890 m.), du sommet duquel s'échappe continuellement de la fumée, s'élève environ de 1700 m. au-dessus de la plaine de Tuquerres; son sommet abrupt est, sur une hauteur d'environ 100 m., recouvert d'un manteau de glace transparente, qui une fois que je l'explorai à l'aide de pas taillés dans la glace, était dépourvue de neige; le sommet en est plat et libre de glaces; il se compose de lapilli jaune-blanchâtre, provenant de la décomposition de l'andésite par des vapeurs sulfureuses, qui mélangées de la vapeur d'eau surgissent de partout, surtout du côté de l'ouest, de ce plateau large de quelques centaines de pas. Sur ce côté occidental se trouve, un peu au-dessous du sommet, le cratère proprement dit que Boussingault atteignit malgré le gaz acide sulfureux qui s'en échappe et qui, par un vent continu de l'ouest, m'empêcha d'en faire l'ascension. Un ruisseau assez considérable dont je voulus boire, après mon déjeuner, lorsque j'eus atteint environ les $^3/_4$ de la hauteur**), me surprit par sa forte acidité, qui me parut plus con-

*) Cet oiseau rare et merveilleux (Steatornis caripensis), découvert d'abord par Humboldt à Caripe en Vénézuela, dans les monts de Cumana (p. 9), où son espèce est assez répandue, se trouve aussi, dans la Nouvelle Grenade, dans la caverne de Taluni (p. 30) et dans la crevasse de l'Icononzo.

**) Mr. J. Roth a publié dans la „Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft, Berlin 1874" une lettre de Mr. Reiss,

centrée que celle du célèbre Rio Vinagre sur le Puracé. L'acide de ce cours d'eau se compose selon Humboldt d'acide sulfurique et d'acide hydrochlorique, résultat confirmé par Rivero.

La glace qui, sous une épaisseur considérable, enveloppe le sommet du cône, est compacte et translucide comme la glace des glaciers alpins. Au bord inférieur je trouvai dans la masse bleue transparente de cette glace une excavation spacieuse. Whymper, qui gravit la plupart des sommités neigeuses de l'Ecuador jusqu'à leur point culminant et en mesura la hauteur au baromètre, appelle ces masses de glace tout simplement des glaciers; elles ne le sont cependant que dans une certaine mesure: car, étant donné l'uniformité de température de l'été et de l'hiver sous les tropiques, ces calottes de glaces des montagnes équatoriales ne s'avancent pas dans le bas de la vallée, en poussant devant elles des moraines et en polissant les rochers; ces masses ne compensent au contraire que par les chûtes de grésil ou de neige à la surface ce qu'elles perdent en épaisseur dans leur profondeur; il faut les comparer aux névés (Firn) des Alpes extratropicales.

L'Azufral, d'une hauteur de 4000 m., est un chaînon andésitique courant du N.W. au S. E.; il est formé de coulées de lave trachytique entassées les unes sur les autres, crevassées dans différentes directions, ou pressées latéralement (après le soulèvement général); les versants en sont recouverts en partie des masses de débris que j'ai décrites page 36. Sur les lignes de faite on reconnaît distinctement au moins deux cratères maintenant éteints, dont celui du Sud-Est, comblé par un petit lac de couleur verte, dégage des vapeurs d'eau chargées d'acide sulfureux et hydrogène sulfuré; le cratère du Nord-Ouest au contraire, entouré de hautes parois trachytiques perpendiculaires, laisse échapper un gaz sec, inodore, mortel (acide carbonique).

Chacun de ces volcans des Cordillères a son histoire particulière; pour chacun on trouve des circonstances spéciales au point de vue de la matière, de la puissance et de la disposition des roches meubles et des débris qui les recouvrent, de même qu'à celui des roches. A ce qu'il semble, tous ces volcans ont été formés par la superposition de ces roches en couches ou en bancs, et apparaissent comme les variétés d'une masse fondamentale composée des mêmes éléments; variétés dont la genèse trouve son explication dans la diversité de constitution chimique des masses rocheuses qui leur donnèrent naissance par leur fusion, de même que dans la diversité des conditions physiques sous l'influence desquelles eut lieu la solidification de cette masse.

C'est déjà en 1856 à Vienne que j'exposai à la réunion des géologues ces vues sur la formation des volcans par des entassements de couches de trachyte (Geognostische Verhältnisse etc. p. 90, 91, 95, 99); elles ne s'accordent pas avec l'opinion de Boussingault qui, par son étude du Chimborazo (Annales de Chimie, etc., 1835) crut acquérir la conviction que ces cônes volcaniques se composent de brêches à fragments anguleux, lesquelles lors de l'éruption des gaz de l'intérieur de la terre, auraient été accumulées au-dessus de leur gisement primitif, le canal volcanique actuel (à peu près comme le Monte Nuovo près de Naples). Quant à ce gisement primitif, Boussingault croit l'avoir observé au pied du Chimborazo, à l'état d'un trachyte redressé contre ce volcan, non stratifié, mais crevassé dans toutes les directions.

Sur les versants du Puracé, du Pasto, de l'Azufral, du Chiles, du Cumbal, Pichincha, Tunguragua, Chimborazo, etc., on observe très souvent une division en colonnes basaltiques allongées, avec de 4 à 7 côtés, affectant les laves trachytiques qui ont surgi à plusieurs reprises après le soulèvement général de la chaîne des Andes (soulèvement qui du reste n'eut certainement pas lieu sur toute la chaîne en même temps). L'extrémité extérieure ou supérieure de ces colonnes est perpendiculaire à la surface de la lave; quand une division en plaques intervient, la surface des colonnes est normale à celle des plaques de la roche, dont le refroidissement inégal en est la seule cause. Parfois cette division est si régulière, que les naïfs habitants de ces contrées les prennent pour des constructions élevées par les Incas; c'est surtout le cas pour celles de la partie inférieure des coulées de trachyte ou d'autres formations basaltiques.

Quelques-unes de ces soi-disantes constructions, par exemple celles du „Pied de l'Azufral" et de Inza au pied est du Guanacas, furent détruites à grand frais par les habitants du voisinage dans l'espoir, d'y

dans laquelle il met en doute la véracité de mon allégation d'avoir fait en un jour l'ascension du Volcan de Cumbal, à partir du village de ce nom jusqu'au sommet. Mr. J. Roth, en publiant cela, ne savait probablement pas que Boussingault atteignit le sommet du volcan (4761 m) deux heures après être parti de Cumbal (3219 m); j'employais quelques heures de plus, parce que je fis tout le chemin à pied et que je m'arrêtai à herboriser. Dans la même lettre Mr. Roth publie la nouvelle que non seulement ce Cumbal, mais encore les volcans de Chiles et d'Imbabura avaient jusqu'à maintenant toujours passé pour des cimes vierges! Je gravis l'Imbabura jusqu'au bord du cratère, seul, sans aucune compagnie, après avoir déjeuné à Ibarra, et j'étais de retour en ville à 5 heures. Il est difficile de croire que je fus le premier ascensionniste de cette montagne, que l'herbe couvre jusqu'au cratère. Mr. Roth ne connaisait probablement ni ma description ni mon dessin de l'Imbabura „Geognostische Verhältnisse etc. pag. 97, profil IV, 1856".

trouver des trésors des Incas. — Ce basalte d'Inza n'appartient pas, au point de vue oryctognostique, dans la série des autres; ses colonnes très régulières, couchées, ne sont pas dûes, comme toutes celles que j'ai vues en Colombie, au refroidissement de la lave trachytique, mais sont constituées par un mélange de sable et de brêches de syénite à gros cristaux*) et autres roches plutoniques de même nature, qui toutes ensembles forment le sommet d'une colline d'environ 100 m. d'élévation (sinon la colline toute entière); celle-ci s'appuie, dans l'étroite vallée d'Inza, à une paroi trachytique des Cerros de los Ullucos, de quelques centaines de mètres de hauteur, et verticale, par contre les versants escarpés du Guanacas, qui se compose ici de roches plutoniques, forment les flancs opposés de la vallée. Probablement cette localité avait été primitivement remplie par les détritus de roches cristallines plutoniques qui, échauffés par les masses incandescentes du trachyte formant maintenant le côté droit de la vallée, furent en même temps, sur le côté gauche de celle-ci (le côté de Guanacas) enlevés et refroidis par les eaux courantes; pendant ce temps, l'état d'incandescence amené par l'andésite facilitait la division du détritus humide d'une part, échauffé de l'autre, en colonnes basaltiques, division dont la différence de température était la cause primordiale. — Alors que la surface du sommet de cette colline était déjà enlevée je vis une extrémité de ce paquet de colonnes couchées atteindre à angle droit le flanc de cette colline dirigé contre la vallée, tandis que l'autre extrémité s'adossait à la paroi d'andésite. Les colonnes se laissaient enlever intactes comme des prismes basaltiques; mais elles se décomposent et se détruisent bientôt à l'air.**)

S'appuyant à cette formation basaltique et aux trachytes de l'Inza, se trouvent sur les pentes inférieures des calcaires et schistes marneux frittés; les mollusques fossiles du Crétacé, qui sont très évidents dans d'autres couches situées dans le voisinage mais en aval et qui appartiennent très vraisemblablement au même système, ne sont plus reconnaissables dans le groupe sus-mentionné; tandis que dans ce dernier complexe, on trouve Inoceramus Roemeri Krst. (Pl. V), Baculites granatensis Krst. (Pl. II), Baculites Maldonadi Krst. (Pl. II), Ammonites Leonhardianus Krst. (Pl. II), Am. Mosquerae Krst. (Pl. II).

A l'heure qu'il est, l'activité des forces volcaniques de cette région, qui causa l'éruption et le débordement des laves d'andésite, est relativement éteinte; du moins il semble qu'elle ne puisse plus provoquer l'ascension des roches en fusion jusqu'à la hauteur actuelle de ces montagnes équatoriales. Ni moi, ni mes prédécesseurs Humboldt et Boussingault n'ont découvert de laves récentes; Schmarda aussi me communique, dans une lettre, que sur sa route à travers l'Ecuador et la Nouvelle-Grenade il n'en a trouvé aucune.

Les anciens auteurs ne font aucune mention de coulées de laves pendant des éruptions volcaniques de l'Ecuador; et maintenant ces volcans ne rejettent que des morceaux d'Andésité décomposée, des rapilli et de la cendre, produits de roches, décomposées. Dans ces dix dernières années, il est vrai, quelques voyageurs allemands publièrent des notices sur des débordements de lave dans ces volcans équatoriaux; une critique approfondie démontre cependant que ces affirmations sont les produits d'une idée préconçue.

Wolf émet une opinion (Leonhard Neues Jahrbuch etc. 1875), suivant laquelle plusieurs coulées de lave peuvent être démontrées comme appartenant aux temps historiques; cette allégation perd d'autant plus de sa vraisemblabilité, si on lit ses propres expressions, qu'il se croit autorisé à admettre des courants de lave, là où l'on observe des inondations de cours d'eau descendant des volcans, ou là où des écrivains antérieurs parlent de torrents de boue ou d'eau.

La pauvreté de beaucoup de ces hauteurs trachytiques en fait de végétation éveille, quand on les voit de loin pour la première fois, l'idée que des coulées de lave auraient eu lieu à une époque très récente; mais elle en prouve aussi peu l'existence que ne le fait cette même dénudation pour le Sud de la France.

De même, celui-là seulement à qui les scèneries alpestres et les lois de la physique sont tout à fait étrangères peut croire avec Wolf et Reiss, que les arêtes en saillie soient des laves modernes, par le fait seulement que la neige les recouvre sur une moins grande hauteur et pendant un temps plus court que leurs environs, qui sont cachés sous les détritus.

En faveur de l'opinion qu'il émet, Wolf (Verhandlungen des naturhistorischen Vereines für Rheinlande und Westfalen 1878) rapporte les communications verbales que lui firent des habitants de Mulalo, à savoir que le 26 juin 1877, à 10 heures du matin, une masse noire sortit du cratère du Cotopaxi, comme de la bouillie de maïs en ébullition s'échapperait d'une marmite, une masse qui sortait en même temps sur

*) Par une erreur de la rédaction lors de l'impression de mon rapport „Geognostische Verhältnisse Neu-Granada's, Vienne 1856" on lit p. 91 „Trachyte" au lieu de „Syénite".

**) Je vis de semblables formes de colonnes basaltiques affecter des roches clastiques au Cabo de Gato dans le Sud de l'Espagne.

le point le plus bas comme sur le point le plus haut du cratère (la différence est d'environ 40 m.) — déjà, depuis le 21 avril, avaient eu lieu des éruptions de cendres et de fragments de roche incandescents, qui se répétèrent sur une plus grande échelle le 25 juin, alors que, depuis 6 heures du matin, le cratère de ce volcan avait commencé à lancer une pluie de cendres. — Aussitôt la montagne se déroba aux regards des spectateurs; car la cendre commença à tomber plus serrée et assombrit la lumière du soleil jusqu'à Quito. Les observateurs tinrent la masse noire pour un mélange de boue et d'eau; mais Wolf la nomme maintenant „une lave fluide incandescente", quoique l'ascension de cette montagne jusqu'au cratère ne lui ait nulle part montré de coulée de lave continue. Aussitôt s'élancèrent de tous les côtés de la montagne des torrents de boue qui exercèrent d'immenses ravages dans les contrées habitées. Deux mois et demi après ces soi-disantes coulées de lave Wolf trouva le bord du cratère „constitué par des blocs de rocher nus (ancienne lave)" et, de même que les surfaces externe et interne du cratère, couvert de „blocs de lave" (Lavaklumpen), qui mesuraient jusqu'à 1 m. de diamètre (il y en avait dans le cratère de beaucoup plus gros) et étaient recouvert tout autour d'une croûte vitrifiée, de façon qu'il semblait „que tous ces blocs soient tombés de l'atmosphère sur le cône du volcan"; pour eux, d'après les observations que je fis lors de l'éruption de 1853, cette explication est la plus naturelle que l'on puisse donner. Sur le cratère, Wolf ne trouva nulle part de coulée continue de lave (p. 153) qu'il désignait au commencement de sa notice sous le nom de „lave fluide incandescente" (p. 23), et dont il dit p. 125, qu'elle devait avoir été très chaude et remarquablement fluide; mais il ne constata que des „blocs de lave" entassés, c'est pourquoi il nomme maintenant (p. 155) ces masses éruptives un „courant de blocs de lave". — Des vapeurs chaudes et des gaz s'échappaient d'entre les „blocs de lave", qui avaient une chaleur de 40°.

Il résulte de tout cela que la masse noire qui à 10 h. du matin le 26 juin 1877 sortit du cratère n'était que de grandes quantités de cendres de lapilli et de „blocs" qui se répartirent dans l'atmosphère selon leur pesanteur, soit obscurcissant l'air, soit tombant bientôt sur le manteau de neige et de glace qui se mettait à fondre, et qu'il n'est pas coulé une seule parcelle de la lave fluide incandescente dont parle Wolf, laquelle aurait badigeonné les rochers du cratère, composés de vieille lave. Les „coulées de blocs de lave" de Wolf ne sont que les fragments effrités, scoriacés de trachyte rejetés pendant les éruptions et qui retombant sur le volcan roulaient sur les pentes et s'entassaient dans ses crevasses.

Dressel communique une observation de Martinez (Leonhard Neues Jahrbuch etc., 1879) que celui-ci fit de Pichincha le 23 août 1878: Martinez vit au sommet du Cotopaxi une immense colonne de fumée qui, malgré un violent vent de l'Est, s'élevait perpendiculairement du cratère, et à midi et quart, sur le côté sud-est du cône, il sortit du cratère deux coulées de lave incandescentes, enveloppées d'un manteau de vapeurs gris-blanchâtre; dans la nuit suivante il s'échappe aussi du sommet, de temps en temps, de la lave incandescente.

Ces données me semblent cependant dépendre de la théorie du géologue officiel qui enseignait alors la géologie à Quito: car à midi il est impossible de reconnaître un courant de lave sous forme de bande incandescente; et ce courant n'est pas suffisamment visible de Pichincha, s'il s'écoule par dessus le bord sud-est du cratère du Cotopaxi, qui est le point le plus bas, et que cache aux regards la cime nord-ouest.

À la même catégorie appartiennent aussi les notices de Reiss (Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft 1874); il dit avoir vu en 1873, du Sangay, qui en est éloigné de 8 milles, s'échapper des flancs du volcan un torrent de lave qui devait déjà avoir duré au moins 8 ans.

Stübel qui, en 1872, n'était qu'à 4 milles de distance du Sangay et reconnaissait distinctement le petit cône intérieur, en activité, qui se trouvait au milieu du grand cratère et dont il dépassait les bords, Stübel ne parle pas (Giebel Zeitschrift für gesammte Naturwissenschaft Bd. VIII., 1873) de cette coulée de lave de Reiss que son observateur, placé en ligne droite à une distance de 8 milles, vit encore distinctement surgir du cratère, comme un torrent qui pendant son cours se couvrit de scories et se divisa en plusieurs ramifications.

Sur l'influence des récents explorateurs se base aussi l'opinion qui a cours à propos d'une éruption de lave du volcan de Pasto (Galera) en 1866. Je priai Mr. Posada-Arango (dont j'ai parlé page 32), de me donner des renseignements sur le véritable état des choses. Voici ce qui me répondit ce savant qui a beaucoup mérité de l'histoire naturelle de la Nouvelle-Grenade et qui s'est fait connaître par de nombreuses publications: „Il est certain qu'aucune éruption de lave n'a eu lieu au volcan de Pasto; tout au plus a-t-il „dégagé des flammes, rejeté de la cendre, des pierres incandescentes et de l'eau bouillante. C'est „sans doute cette boue, ce mélange de cendre et d'eau, qu'un observateur superficiel aura pris pour „de la lave."

Je crus reconnaître une confirmation de cet énoncé dans une communication de Mr. Rojas, qui, s'en

référant aux savants allemands alors présents à Pasto, avait dit à J. Triana que lors de l'éruption du Galeras du côté du Guaitara, la lave rejetée avait détruit beaucoup d'haciendas, sur lesquelles elle s'était répandue et qu'un des possesseurs de ces fermes avait allumé son cigare à cette masse incandescente. Il est clair que cette masse n'est pas un courant de lave en fusion, mais que ce sont des pierres incandescentes rejetées par le volcan: car les haciendas ne commencent qu'à une distance de plusieurs lieues du cratère, que Monsieur le fermier n'aura certainement pas visité au temps de l'éruption.*) Mr. Rojas s'en rapporta, pour l'opinion que le Galeras aurait véritablement vomi de la lave, au témoignage des deux naturalistes qui étaient en ce moment à Pasto, et qui n'auraient pu atteindre le cratère même à cause des vapeurs et de la fumée qui s'en échappaient; or ils en rapportèrent au contraire de nombreux chargements de minéraux. C'est ce que Stübel confirme d'une certaine manière en disant (Globus 1869, p. 360) qu'ils ont dû, à cause d'un temps défavorable, revenir sans avoir accompli leur projet; tandis que Reiss affirme que pendant cette éruption la Caldera se serait remplie de lave (Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft 1872, p. 380).

Du reste il n'y a aucune objection théorique à admettre qu'encore maintenant il puisse sortir de la lave du plus haut volcan des Andes; c'est ce que j'exposai dans mes „Erinnerungen aus den Cordilleren über Vulkane und Erdbeben." (Die Natur. Halle 1877), destinés à expliquer la théorie du volcanisme.

Il manque cependant encore, pour ces volcans du haut plateau équatorial, la confirmation digne de foi d'une éruption de lave. On voit bien des coulées innombrables de trachytes de l'époque tertiaire; c'est ce que j'exprimai dans une première publication sur l'Ecuador, où je donnai aussi l'explication bien simple de la genèse des éruptions de boue et du „rejet de poissons" par les volcans.

Sous l'action continue des vapeurs d'eau surchauffées et des violentes détonations se forment aussi parfois des crevasses et des fentes dans le cratère ou sur ses pentes, fentes qui offrent à l'intérieur du volcan des issues fugitives, et que des scories et des cendres viennent refermer plus tard. A Baños au pied nord-est du Tunguragua j'eus l'occasion de connaître les effets d'un pareil évènement. Environ 70 ans avant mon arrivée s'étaient produits ici, avec un bruit et un roulement formidables, un mouvement et un soulèvement du sol, dans un ravin qui commençait au voisinage du cratère; pendant ce temps s'échauffaient des vapeurs chaudes et des gaz. Ce déchirement et ce soulèvement du sol commencèrent à la partie supérieure du ravin et se continuèrent du côté d'aval, qui était plus large. Une fertile vallée située en cette localité, plantée de cannes à sucre, et où se trouvait un moulin à cet usage, fut complètement détruite par la dislocation et le soulèvement du sol andésitique; cependant ce mouvement du sol, qui dura 4 à 6 semaines, de même que ce faible soulèvement, eurent lieu si lentement et avec tant de régularité, que les propriétaires de l'usine purent mettre tout leur outillage en lieu sûr. Voilà ce que me raconta le fils du propriétaire d'alors, établi maintenant à un quart d'heure de l'habitation précédente; il avait été déjà témoin oculaire de cet évènement et en connaissait, par les récits de ses parents, toutes les particularités. Aucune éruption de lave n'avait alors été observée.

Lors de ma visite encore je constatai cette écoeurante dévastation, à l'endroit où autrefois avait murmuré un ruisseau fertilisant; elle était reconnaissable à l'accumulation en muraille, et presque sans végétation, de blocs arrondis, polis, d'un mètre et plus de volume, d'une andésite absolument compacte. Au premier moment je contemplais avec étonnement ce phénomène énigmatique, dont je ne m'expliquais pas la cause, jusqu'à ce que, peu après, je reçus les étonnants renseignements qui précèdent. Je ne pus découvrir aucune trace quelconque de scories volcaniques qui, parmi cet amoncellement de masses d'andésite compacte et ferme, auraient pu faire supposer une lave autrefois fluide, qui aurait agi comme moteur.**)

Un phénomène semblable se passa en novembre 1847 au Chili entre les volcans de Descabezado et de Cerro azul, de 1624 m. au-dessus de la mer; 35—45 hectares de prairies fertiles furent anéantis par l'élévation d'immenses blocs en un amas d'environ 100 m. de hauteur; cela se fit avec une suite de détonations

*) Même les auteurs récents confondent les pierres incandescentes rejetées par le volcan avec de la lave. Ainsi Felipe Perez dit dans la Jeografia jeneral etc. 1865 pag. 277: „La Sierra nevada de Santa Marta hizo su postrera eruption en 1565, lanzando, lava a mas de 20 miriámetros i oyéndose su detonation a immensas distancias."

**) Déjà en 1856, à Vienne, je fis à la réunion des géologues allemands des communications sur le récit des habitants de cette vallée détruite si singulièrement; je les répétai en 1873: Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft. Wolf cependant, en 1875 (Leonhard, Neues Jahrbuch für Mineralogie etc.) tient cette catastrophe pour une coulée de lave ordinaire. En même temps il s'en rapporte à une lettre de Mr. le Dr. Stübel (Giebel, Zeitschrift für gesammte Naturwissenschaften 1873) au Président de la République, dans laquelle ce savant décrit un courant de lave du Pondoa sur le Tunguragua qui, d'après son opinion, aurait coulé dans le siècle dernier, et un second qui serait parti du cratère terminal de ce volcan. Wolf identifie sans autre le barrage de blocs d'andésite que j'avais décrit avec une des coulées mentionnées par Stübel; et cependant celui-ci ne souffle pas un mot de la localité dont je parle, qu'il n'a probablement pas même vue.

formidables. Ici aussi Domeyko, qui se rendit sur les lieux deux années plus tard, ne remarqua ni cratère ni courant de lave.

Au Tunguragua le district voisin qui a échappé à cette destruction est constitué par une ancienne coulée de lave trachytique à surface presque horizontale, scoriacée et poreuse, et divisée irrégulièrement en prismes verticaux.

Probablement cette lave fut-elle crevassée lors d'un soulèvement ultérieur qui prépara le cours actuel du fleuve Pastaza, dont le lit est ici bordé de rives perpendiculaires de 10—12 m. de hauteur, entre lesquelles le ruisseau qui coule au-dessous des blocs d'andésite dont il est fait mention se dirige vers ce qui fut la plantation de cannes à sucre.

A différentes places s'échappent entre les amas de blocs d'andésite des vapeurs et des sources chaudes, qui contiennent soit du gaz sulphydrique, soit des sulfates et du sel gemme. Dans le voisinage du cours d'eau se dégage de ce barrage de débris une telle quantité d'acide carbonique, que les oiseaux et d'autres petits animaux en périssent. C'est un phénomène que j'observai aussi à l'Azufral, maintenant réduit à la faible activité d'une solfatare; je le vis là sur la hauteur occidentale, aux environs de la crevasse du Guacharo (p. 37). A diverses places le chlorure de sodium sublime avec les vapeurs d'eau et se dépose çà et là sur les blocs de rochers. Il en est de même pour un tuf volcanique du voisinage, où ce minéral est renfermé en telle quantité, que lorsque celui qu'on amène ordinairement de la côte de Sta. Elena vient à manquer, on peut l'exploiter en soumettant le tuf à un lavage; de même à Salinas sur les versants du Cotacachi, dans le voisinage d'Ibarra (p. 33).

Les éjaculations ordinaires de lave fluide, bombes et cendres n'ont pas eu lieu, ainsi que je l'ai dit, lors de cette éruption du Tunguragua.

Un peu plus au Nord on peut constater que cette couche de lave trachytique bornée par ce mur de blocs, dont elle fournit peut-être les matériaux, s'est déversée par dessus un lit de cailloux des schistes cristallins plutoniques ou volcaniques. Une source sulfureuse et ferrigineuse, de 54° 4′ (la plus chaude de cette volcanique république de l'Ecuador) surgit à la limite de la lave et des dépôts de cailloux. La roche plutonique qui fut soulevée et pénétrée par le trachyte forme ici la rive occidentale du Pastaza. Alternant avec des cailloux de même nature, et des marnes, on trouve sur le côté nord du Tunguragua 3 couches d'andésite, d'une puissance de 3 à 6 m.

Dans l'année 1853 je pus voir quelles étaient les conséquences de la formation d'une pareille crevasse sur les flancs du Cotopaxi (6000 m. de hauteur environ). C'était dans la ville de La Tacunga (aussi Llacta cunga) qui en est éloignée de 6 milles; les habitants se crurent alors exposés au danger d'être engloutis eux et leurs habitations par les flots qui se précipitaient de la montagne. C'était le 14 septembre. Quinze jours auparavant avait commencé, après une longue période de tranquillité, une nouvelle éruption, et une crevasse d'environ 300 m. de longueur, descendant du cratère, en avait ouvert le manteau; il s'en échappait des torrents de gaz lumineux pendant la nuit. A cette époque je vis la moitié supérieure de la montagne couverte de neige et de glace. A des intervalles de temps déterminés, courts, je vis une colonne de feu, — semblable à celle de vapeurs et de cendres, de couleur gris-blanchâtre, qui s'élevait pendant le jour, — apparaître perpendiculairement au-dessus du cratère, puis s'enfoncer de nouveau peu à peu. Au moment où cette colonne verticale, lumineuse, eut atteint sa plus grande heuteur, une coulée lumineuse aussi commença à descendre du cratère, en serpentant, comme une langue de flamme, jusqu'à un point donné, apparaissant toujours à la même place du cratère et là, remontant vers celui-ci à mesure que la gerbe de flammes verticale paraissait s'y enfoncer de nouveau. Elle trahissait la crevasse qui, un peu plus béante vers le cratère serpentait sur ses flancs et dont les gaz surchauffés s'échappaient, ne pouvant plus passer par le cratère lui-même, empêchés qu'ils en étaient par la pression de la colonne de produits d'éruption qui pesait sur eux. Les deux phénomènes lumineux formaient probablement un tout solidaire, tout deux avaient la même couleur, tous deux étaient sans aucun doute de même nature; leur apparition et disparition étaient dépendantes l'une de l'autre et subordonnées à la même cause; la régularité avec laquelle tout ceci se passait donnait à cette lumière constante d'un rouge-jaunâtre, quelque chose d'uniforme, de mort. D'autres naturalistes, en d'autres occasions, ont pensé qu'un pareil phénomène lumineux n'était que le reflet de la surface d'une masse incandescente qui dans l'intérieur du cratère serait délivrée de temps en temps de sa croûte solidifiée. Contre cette manière de voir parlent plusieurs faits: le tourbillonnement progressif de la colonne de feu, et l'apparition tardive et comme il semblerait musante de la coulée lumineuse qui, descendant du cratère en s'élargissant et en serpentant, ne dépassait cependant jamais un point déterminé. Un pareil reflet devait se manifester au-dessus de toutes les ouvertures existantes; donc aussi au-dessus de la crevasse latérale, avec sa grande largeur et ses parois verticales; là aussi il aurait pu tour à tour éclairer l'atmosphère et disparaître, au cas où une lave

incandescente en fusion aurait brillé au-dessus de sa croûte en train de se refroidir, de se solidifier, et de se crevasser. D'un autre côté, dans ce cas d'une éruption de lave hors du cratère, la colonne lumineuse verticale, conjointement avec l'approche de la lave jusqu'au bord du cratère, se serait élargie vers le haut, c'est-à-dire, aurait pris la forme d'un cône renversé, jusqu'à ce que la lave eût commencé à se déverser sur un des côtés; rien de ceci n'arriva; et si un courant quelconque de lave avait été chassé du volcan par les gaz en éruption, il l'aurait été avant, et non après le tourbillonnement de ces gaz en colonne verticale; en outre un courant de lave se serait très vraisemblablement allongé et étendu pendant les semaines qu'auraient duré son éruption intermittente.*)

Les étincelles projetées du cratère dans l'atmosphère en décrivant de vastes arcs de cercle, en même temps que la colonne lumineuse est à son période le plus violent (c'est-à-dire au commencement); les masses de roches et de scories qui s'élancent dans toutes les directions et retombent sur le volcan; le roulement et les détonations qui accompagnent ces éruptions, et que l'on peut comparer au bruit d'un tonnerre lointain ou à celui d'une mer orageuse: tout cela reconnait comme cause, ainsi que je l'ai dit, des gaz (vapeur d'eau) surchauffés. Probablement à l'état de bulles de gaz, se frayent-ils leur chemin, de la profondeur, à travers la cheminée du volcan fermée par la lave en fusion; ils rendent les roches incandescentes alors à leur passage dans les crevasses jusqu'à l'embouchure du cratère, en les décomposant et les érodant, et les entraînant avec soi, de même que les débris de croûte de lave qu'ils déchirent en chemin; alors aussi, accompagnés de tous ces débris incandescents qu'ils projettent de tous côtés comme des raquettes sur les flancs de la montagne, ils forment la colonne lumineuse, qui apparaît au paroxysme de l'éruption, pour s'obscurcir ensuite peu-à-peu, avec un bruit de tonnerre, par suite de son refroidissement progressif au contact de l'air atmosphérique.

La majesté déjà grande de ce phénomène était encore rehaussée par les éclairs et les coups de foudre qui sortaient d'un nuage sombre rassemblé au-dessus du cratère, par un temps absolument calme, et qui tiraient dessus.

Comme je l'ai déjà remarqué ce fut seulement après 15 jours de cette éruption que se produisit l'inondation de la vallée du Catuche, au pied ouest du Cotopaxi. Les habitants du village de Machachi furent réveillés, le 14 septembre, à 2 heures de la nuit, par un bruissement sifflant, probablement causé par le glissement subit de grandes masses de glace et de neige, qui depuis 14 jours avaient été imbibées et minées par l'eau; celle-ci était due naturellement à la fusion de la glace qui avoisinait la nouvelle crevasse du cratère et de la neige couverte de lapilli et de cendres incandescentes. Arrivées au pied de la montagne, dans des régions plus chaudes, ces masses trempées d'eau fondirent très rapidement et atteignent une heure plus tard la ville de La Tacunga, qui en est éloigné de 6 lieues. La rivière, qui en cet endroit a des rives plates, s'enfla jusqu'à 4 m. de hauteur et 60 de largeur, entraînant même jusque-là des blocs d'andésite d'un demi mètre cube de volume, qui, dans une eau de 8° de température étaient encore si brûlants, qu'on pouvait y allumer des corps inflammables (cigarettes, vêtements, etc.).

De semblables inondations des contrées situées au pied de volcans neigeux sont chose fréquentes dans les Cordillères; le peuple les considère comme des éruptions aqueuses, qui entraînent même des poissons de l'intérieur de la terre. Ces poissons qui descendent avec l'eau des neiges ne proviennent cependant pas de l'intérieur, mais des versants du volcan. Moi-même, au volcan de l'Azufral, je trouvai à la naissance des rigoles d'eau alors sèches et protégées par l'herbe, des silures ressemblant à des troisespines (Pimelodus Cyclopum) d'environ 1 dm. de longueur qui rampaient çà et là à l'aide de leur nageoires pectorales ossifiées acanthoïdes, probablement attendant les chûtes atmosphériques fréquentes dans cette région. Des poissons de même espèce ont été souvent entraînés, lors du dégel subit des neiges, par l'eau qui se précipitait alors du volcan, mélangée de la cendre volcanique déposée sur les flancs de la montagne.

Dans l'éruption du Cotopaxi que j'observai il ne fut pas question de poissons. Mais plusieurs personnes d'Ibarra me parlèrent d'un cas pareil arrivé à l'Imbabura (peut-être le même fait rapporté déjà par Humboldt) et qui aurait eu lieu sur une si grande échelle que la décomposition des poissons morts (Preñadillas, Pimelodus) auraient causé des fièvres dont seraient morts beaucoup d'habitants de la contrée. — L'Imbabura n'était pas en activité à l'époque où je le visitai; et son profond cratère, entouré de parois trachytiques noires déchiquetées, était dépourvu d'eau; son sommet n'atteint pas la limite des neiges; et de même, avant et pendant l'inondation de St. Antonio il ne doit pas avoir manifesté de phénomènes volcaniques. Le

---

*) Wolf (Leonhard, „Neues Jahrbuch 1878") mentionne ces phénomènes, que j'ai décrits moi-même en détail déjà en 1856 (à Vienne) et en 1873 (Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft); il les cite comme une éruption d'un grand courant de lave! Comme je le faisais remarquer plus haut, pag. 39 il croit pouvoir expliquer par une éruption de lave chaque inondation occasionnée par un volcan.

lac de St. Antonio, situé au pied de la paroi ici presque perpendiculaire de l'Imbabura, contient toujours une grande quantité des petites Preñadillas (aliment des classes pauvres), et devait alors être sorti de son lit sur la campagne environnante. — Je conclus, après avoir pris bon nombre d'informations et de renseignements à St. Antonio même, que ce débordement avait été causé par la chute d'un bloc de rocher tombé dans le lac du sommet de l'Imbabura; la vague avait dévasté les champs circonvoisins, et les poissons laissés à sec dans la campagne avaient péri et causé les fièvres mortelles; de même l'humidité du sol en avait été un autre facteur. Une explication pareille de cette éruption de boue de l'Imbabura avec poissons, qui était devenue une vraie légende parmi le peuple, coïnciderait avec l'observation suivante que je fis en 1854, c'est-à-dire que le profond cratère en entonnoir de ce volcan ne contient pas trace de sable ni d'eau.

Si une sortie un peu considérable de cendre volcanique a occasionné une fusion de la glace, et que plus tard cette cendre ait été entraînée par les eaux, le peuple attribue tout de suite au volcan une éruption de boue. En 1803 par exemple une coulée de même nature, du Cotopaxi, dévasta la contrée environnante; un autre courant (moja) du Carguairazo ensevelit en 1797 les localités de Quéro et d'Igualata; enfin une coulée du Pasto engloutit, le 20 janvier 1834, la localité de Sebondoy, qui en est éloignée de 2 lieues. Cette activité volcanique fut accompagnée de tremblements de terre, qui, en 1797, convertit les villes de Riobamba et d'Hambato, en 1834 celle de Pasto, en un monceau de ruines.

Au pied occidental de l'Azufral affleurent des porphyres et des schistes métamorphiques; plus au Nord, jusqu'au Patia, on trouve aussi des syénites et d'autres roches plutoniques; du reste je trouvai, au pied occidental des masses trachytiques, des roches stratifiées, telles que des grès grossiers, des conglomérats, des schistes argileux ou marneux que je tins pour tertiaires d'après leurs caractères pétrographiques, sans cependant y avoir trouvé de fossiles. Au village de Mallasquer sur le pied ouest du Chiles, je vis une colline courant Est-Ouest composée de ces mêmes roches, mais désaggrégées, à la limite inférieure de l'Andésite. Je ne trouvai pas davantage, en Ecuador, de couche neptunique que j'aie pu classifier avec sûreté, quoique çà et là, par exemple à l'Imbabura, les particularités pétrographiques des couches m'aient rappelé les argiles schisteuses et grès „que l'on trouve, dans les vallées du Patia et du Magdalena **superposées au Crétacé**" (Profil IV).*) Sur le versant nord les couches sont verticales. Au versant ouest du Chimborazo, jusqu'aux environs d'Alausi, Wolf trouva des conglomérats et des schistes (Flysch) adossés au massif volcanique, et qu'il est porté à considérer comme crétacés. Des roches semblables recouvrent aussi le pied méridional de l'Azuay; à Salinas sur le Chimborazo, elles sont percées, à ce que dit Wolf, de roches volcaniques, et elles en sont directement recouvertes dans les régions supérieures du Corazon.

Peut-être ces couches ont-elles quelques relations avec celles que trouva Wolf au pied occidental des Cordillères, qui étaient du Crétacé entouré de dépôts étendus de Tertiaire et de Quaternaire; du moins il y suppose l'existence de ce terrain, car il vit en Guayaquil des fragments de roches analogues, dans lesquels il reconnut Inoceramus plicatus d'Orb., et Inoceramus Roemeri Krst. Cette série sédimentaire de la province de Guayaquil, qui en est la plus ancienne, forme une chaîne de hauteurs qui, de Guayaquil s'étend par Changon et à l'ouest par Juntas et Colonche jusqu'à la mer. D'autres petites collines crétacées s'élèvent encore au Nord de Guayaquil, sur le Rio Daule et le Rio Bodegas, des dépôts plus récents qui forment les plaines basses de la côte occidentale; moins développée est la série crétacée au Sud de Guayaquil jusqu'à la frontière sur la rivière du Tumbez.

Ce territoire crétacé de la côte occidentale est en plusieurs localités percé et disloqué par des roches éruptives (Dolérites, Grünsteine).

Sur la presqu'île de Sta. Elena à l'ouest de Guayaquil, Wolf trouva un petit volcan de boue, dont l'eau chargée d'hydrogène sulfuré comme beaucoup d'autres sources du voisinage, contient du chlorure de sodium et du pétrole et dépose de l'oxyde de fer hydraté. Cette source, et d'autres encore, fournissent du sel à presque toute la République. Sur toute la côte on trouve des restes de Mastodontes, qui sont aussi particulièrement abondants dans un grès à sel gemme et pétrole qui compose en grande partie l'étroite langue de terre qui s'avance dans la mer à l'Ouest de Sta. Elena.

Du reste, à ce que je vis du côté du Sud, de Quito jusqu'à Riobamba (1° 50 lat. S.), le plateau est constitué par des produits volcaniques de même nature, stratifiés, et des dépôts de cailloux plutoniques, tels que je les ai décrits plus haut à propos de Tuquerres. Wolf a observé une superposition de ces couches

*) Wolf paraît avoir mal compris cette assertion (Geognostische Verhältnisse etc. 1856, p. 97) quand il assure (Leonhard, Neues Jahrbuch 1875 p. 156) n'avoir pas pu découvrir le manteau crétacé que j'ai vu entourer l'Imbabura; dans ma lettre à vom Rath, (Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft 1873, vol. XXV), que Wolf cite, je n'ai du reste pas du tout parlé de l'Imbabura!

à Punin au Sud-Ouest et près de Riobamba dans la gorge de Chalong (2778 m.); ici un dépôt de tuf d'environ 60 m. de puissance repose sur des grès, des quartzites et des conglomérats siliceux; Wolf en trouva la couche inférieure pétrie d'ossements de mammifères qui appartiendraient, à ce que dit Wolf, à des espèces vivantes aussi bien qu'à des formes éteintes; Branco cependant ne se range pas à cette opinion, mais il en cite: Equus Andium Branco, Protauchenia Reissi Branco, Cervus Chilensis Gay (?), Cervus Chimborazi Wolf, Machairodus neogaeus Lund, Mastodon Andium Cuvier, comme espèces se trouvant parmi les débris recueillis.

D'autres ossements de gigantesques mammifères éteints furent découverts de même, à ce que l'on me dit, dans la contrée de Quito à Alangasi dans la vallée de Chillo et dans plusieurs autres endroits du plateau jusque sur les versants des volcans. M. Wagner en trouva à Sisgun au pied oriental du Chimborazo, à la hauteur de 3342 mètres.

A Penipe, à l'Est de Riobamba, Wolf découvrit trois lits de charbon, intercalés dans des schistes primitifs foncés et à ce qu'il paraît sans fossiles; il suppose, pour plusieurs raisons pétrographiques, que ces charbons sont antérieurs à la période houillère. La question est de savoir cependant si ces schistes ne doivent pas leurs caractères actuels au métamorphisme de dépôts plus récents. Codazzi vit au Ruiz des houilles enclavées dans du trachyte (p. 31); en outre, tous les charbons et tous les asphaltes que je constatai en Colombie — et qui sont surtout fréquents dans la partie septentrionale — appartiennent aux séries tertiaire et crétacée.

Sur les versants occidentaux du Condurasto (à l'Est de Riobamba) qui renferment de riches filons d'argent, affleure de même de la houille, d'après Villavicencio. Des lits de sel gemme et des sources salées se trouvent aussi sur les versants orientaux du Papallacta, à l'Est de Quito, dans le voisinage du Llanganate (Cerro hermoso) dont il fut question plus haut.

Dans la plaine qui borde le pied oriental des Cordillères s'élèvent des groupes isolés de basses collines granitiques qui appartiennent, à ce qu'il paraît, au système des montagnes du Parima. Elles surgissent des alluvions qui couvrent les plaines et qui, d'après Villavicencio, renferment de la poudre d'or et de platine jusqu'à 35 lieues de distance de la Cordillère; les paillettes et pépites de ces métaux diminuent constamment de grosseur à mesure qu'on s'éloigne des montagnes. Plus à l'Est, dans la contrée de Macas (2° 30′ lat. Sud., 78° 10′ long occid.) surgissent des sources salines, dont les Indiens Ivaros, qui peuplent ces plaines encore inconnues, extraient du sel par évaporation (cuisson); ils en font un commerce d'échange. De pareilles sources salines se trouvent aussi dans les plaines du Caqueta, de Putumayo et de Napo, par exemple à Macoa (0° 50′ lat. n., 76° 20′ long. occid.), où des cristaux de gypse affleurent aussi dans les marnes, dans beaucoup de localités.

Cette présence de la houille, du sel gemme et du gypse sur tout le versant oriental des Cordillères de l'Ecuador, dans des contrées qui, dans la Nouvelle-Grenade, appartiennent au Tertiaire et au Crétacé — cette présence, dis-je, laisse supposer que ces régions de l'Ecuador sont au point de vue géognostique une continuation de ces terrains que l'on observe au Nord dans la Nouvelle-Grenade, au Sud au Pérou.

Au Sud de l'Azuay apparaissent de nouveau deux Cordillères séparées, dont l'occidentale, la plus rapprochée de ce dernier volcan, est d'après Wolf constituée par du porphyre au Nord, mais plus au Sud, comme celle de l'Est, par des schistes cristallins et des roches syénitiques. Plus au Sud encore, dans la province de Loja, toutes les deux sont composées de schistes cristallins et de granite, celui-ci en partie avec un feldspath couleur chair ou rougeâtre. Dans la vallée formée par ces deux Cordillères affleurent plusieurs formations volcaniques qui recouvrent les porphyres et les schistes cristallins; ainsi par exemple au Sud de l'Azuay (dont le cône trachytique est formé de porphyre à la partie superieure, à ce que dit Schmarda), jusqu'au Rio Cañar, affleurent des tufs et des conglomérats andésitiques, traversés de filons et de coulées de lave de cette roche. — Un second dépôt volcanique de même aspect est décrit par Wolf des vallées de Galateo et de Paute; dans cette dernière vallée affleure près d'Azogues un grès qui atteint jusqu'à 600 m. de puissance et qui contient du bitume, de l'asphalte, du charbon et même un banc d'opale d'un m. d'épaisseur. Ce grès d'Azogues, qui selon Wolf appartient peut-être à la période crétacée, plonge à l'Ouest de 45 à 80 degrés; il est recouvert de masses volcaniques et, au Nord du Paute, traversé de veines d'andésite. Dans ce grès existent d'anciennes carrières d'où l'on a peut-être tiré des matériaux de construction. Wolf les tint, mais probablement par erreur, pour des galeries abandonnées d'une mine qu'on aurait ouverte pour la recherche du mercure, qu'on a exploité en masse ici à Azogues, comme le nom l'indique. Le mercure n'affleure probablement pas dans le grès, mais, comme en Vénézuela et dans la Nouvelle-Grenade, dans la marne qui

l'accompagne.* Une formation volcanique encore plus méridionale, dans le bassin du Rio Leon est formée principalement de tufs et de conglomérats; je n'y ai point observé de trachytes.

A Loja, situé à 2220 m. d'altitude de même que plus au Sud à Vilcabamba Wolf trouva aux sources du Catamayo des dépôts d'eau douce tertiaires dont les couches fortement disloquées, presque verticales, lui fournirent la preuve de la jeunesse du soulèvement des Andes, comme je l'exposai déjà en 1856. Cette formation d'eau douce est formée soit par des schistes argileux à feuille de Dicotylédones, et passant à des schistes calcaires ou quartzeux, soit par des conglomérats et des couches de sable.

Aux frontières du Pérou affleurent de nouveau les calcaires; c'est probablement la continuation de ceux qu'Humboldt observa à Montan, St. Felipe et Guanbos dans le bassin du Guancabamba (environ 6° lat. S.) et dont il rapporta des fossiles que L. de Buch reconnut pour crétacés et publia en 1839 dans l'ouvrage cité plus haut.

Si nous comparons la nature et les conditions de gisement des couches sédimentaires des Cordillères occidentales avec celles des dépôts de même ordre de Vénézuéla, nous trouvons que celles-là ne sont en général qu'une continuation des dernières.

Dans tout le territoire exploré jusqu'ici nous ne trouvons aucune trace de la série paléozoïque; les vieilles dénominations de „Vieux grès rouge“, et de „Carbonifère“ reposent sur des déterminations fausses faites d'après des analogies de la roche; en effet le charbon et le grès rouge, dans la Colombie de Bolivar, appartiennent à la série la plus récente, c'est-à-dire au Crétacé supérieur ou au Tertiaire.

De la série mésozoïque nous n'observâmes que le terrain le plus jeune, le Crétacé, qui occupât une étendue un peu considérable. De la série précédente, le Jurassique, on n'en trouva jusqu'à maintenant que des indices sur un point unique très limité de la Nouvelle-Grenade dans le Magdalena supérieur (p. 30). Ces traces appartiennent au Jurassique inférieur ou Lias et elles laisseraient supposer que les étages supérieurs de ce terrain, qui touchent au Crétacé, seront aussi découverts une fois. Le Trias ne fut pas plus constaté en Colombie que le Carbonifère et le Dévonique.

Des études ultérieures consciencieuses devront vérifier si ces terrains anciens ne se sont vraiment pas déposés dans cette contrée; ou ce, qui est plus probable, s'ils y étaient représentés mais ont été rendus méconnaissables par l'action des agents plutoniques, et métamorphosés en schistes cristallins.

Les dépôts sédimentaires de toute la région explorée et décrite jusqu'à maintenant appartiennent donc presque sans exception au Crétacé, au Tertiaire et au Quaternaire; les puissantes couches calcaires de Cumana et de Trujillo, contenant soit des Céphalopodes du Néocomien, soit des Gastéropodes et des Foraminifères du Gault se retrouvent dans les Cordillères de la Nouvelle-Grenade avec la même puissance et avec une richesse fossilifère si possible encore plus grande, en ce que les Céphalopodes du Gault viennent s'y ajouter; par contre il est vrai que les Rudistes restent limités au Nord-Est. Le grès qui surmonte en couches puissantes les calcaires de Cumana et affleure aussi dans les montagnes de Trujillo, apparaît dans les massifs de la Nouvelle-Grenade dans des conditions semblables, quoique sur une échelle plus grande; de même l'argile et la marne, qui affleurent surtout dans les monts de Merida avec une grande puissance forment dans la Nouvelle-Grenade des montagnes et des systèmes entiers de massifs. dans les mêmes dimensions que ceux de Lobatera, Quiniquea et St. Cristobal en Vénézuéla.

La plus ancienne de toutes les couches sédimentaires est formée par une marne sableuse d'un brun-clair ou d'un rouge-jaunâtre, à stratification confuse; elle a souvent une grande puissance, et dans les couches supérieures enferme quelquefois des lits de calcaire bleu ou foncé, auxquels elle fait complètement place vers le haut. Parfois une marne rouge-brun semblable contient des paillettes de mica ou des fragments de schiste micacé, par exemple à Guaduas et à Bucaramanga; cette marne appartient dès lors probablement à une époque plus récente que celle qui, très pauvre en général en restes organiques, sans mica, plus ferme, apparaît au contact de roches plutoniques plus foncée, siliceuse, dure, et contient des cristaux de feldspath. Cette marne sans mica, qui repose dans les lits inférieurs, se trouve dans toute la chaîne orientale de même que sur plusieurs points des chaînes centrale et occidentale, par exemple à Urumita au pied sud du massif de Santa Marta, de même qu'à Caqueza près de Bogota, au versant est des Cordillères; elle renferme l'Ammonites Santafecinus d'Orb., Am. Noeggeratii Krst., Am. Boussingaultii d'Orb., Ptychoceras Humboldtianus Krst., Crio-

*) Schmarda aussi mentionne ce mercure d'Azogues que, d'après Villavicencio, on exploite encore maintenant dans la ville comme au dehors. Selon cet auteur, le mercure métallique apparaît aussi à Loja et à Zuruma, au Nord de la première ville (3° 56′ lat. Sud). Il est singulier que Codazzi ne mentionne pas la présence de ce métal à l'état natif dans les deux républiques qu'il décrivit: la Nouvelle Grenade et Vénézuéla.

ceras Duvalii Lev. var. undulata Krst. qui font paralléliser ce groupe avec le Néocomien d'Europe. A Cumanacoa, dans une marne jaune rougeâtre et dans le schiste calcaire noir qui la surmonte, on trouve des restes de Bélemnites, qui apparaissent aussi sur le versant septentrional du massif de Santa Marta sur la rivière Palomino et très probablement aussi dans le calcaire bleu-foncé qui, à Molino, au pied sud de ce massif, recouvre cette marne brun-rougeâtre.

Cette marne atteint à Zapatoca au Sud de Bucaramanga une puissance d'environ 300 m.; elle supporte une autre couche tout aussi puissante d'un grès rouge-jaunâtre, quartzeux, lequel est surmonté à son tour par les chistes argileux et les calcaires du Gault, riches en restes organiques, et que recouvrent les lits de cailloux et les conglomérats provenant de ces mêmes couches.

Nombreux sont dans cette roche des filons de galène cuprifère et argentifère; d'une richesse particulière est la roche qui affleure au versant méridional du massif de Santa Marta; elle renferme de la Malachite, de la Pyrite de Cuivre et du Cuivre natif.

Un peu plus au Sud, sur le cours moyen du Magdalena, dans la Cordillère orientale, ces couches du Crétacé inférieur atteignent leur plus beau développemeut, ici se déroule avec une clarté magnifique toute l'histoire génétique de ce pays devant les yeux du géologue; c'est ici que les terrains postérieurs sont représentés de la manière la plus complète; partant d'ici il est alors facile de reconnaître et de paralléliser les affleurements d'étages souvent isolés que l'on trouve dans d'autres régions.

La marne brune que je viens de décrire se relève çà et là dans cette chaîne de Bogota, de Pamplona à Neiva sur le col oriental jusqu'aux plus hauts sommets; sur elle repose le système, de 1000 m. de puissance, des époques crétacées suivantes, représentées à leur partie inférieure par des alternances d'un calcaire foncé, noir, dur et des schistes argileux d'une faible puissance (Néocomien) et à leur partie supérieure par des calcaires bleu-clair, souvent très puissants, (Gault) dont j'ai indiqué les fossiles pages 26 à 30.

Ce sont en partie les mêmes formes, en partie des espèces analogues que l'on trouve dans le Crétacé inférieur de Vénézuéla à Barbacoas près de Tucujo, à Ortiz au Sud de Caracas, et dans les monts de Cumana (voir p. 18).

Dans la chaîne centrale on trouve à Inza au-dessus de La Plata au pied du Guanacas, entre des Andésites en prismes basaltiques, soulevé et en partie décomposé par cellie-ci, un calcaire noir presque grenu, renfermant beaucoup d'espèces fossiles: plusieurs espèces d'Inoceramus (plicatus d'Orb., Roemeri Krst.), puis Baculites granatensis Krst. et B. Maldonadi Krst., puis l'Ammonites Leonhardianus Krst. qui se retrouve aussi à Barbocoas de Tucujo. Ces espèces nous démontrent que l'âge de ces dépôts correspond à l'époque de ceux de Bogota.

Pas très loin de cette localité, quelques heures à l'Est d'Inza, Stübel recueillit dans la vallée du Magdalena deux Ammonites appartenant au Jurassique (voir p. 30 du présent ouvrage).

Au pied nord du massif d'Antioquien se trouvent des complexes de calcaires et de schistes argileux qui dans leurs circoustances de gisement rappellent tout à fait ceux décrits plus haut, que l'on observe sous la même latitude dans la chaîne parallèle de Bogota; mais leur texture, sous l'influence des veines aurifères qui les traversent dans les directions les plus diverses, est tellement altérée, qu'on ne peut que difficilement y reconnaître de formes organiques pouvant servir de points de repère pour en déterminer l'âge; on peut cependant espérer, à cause des couches plus récentes qui les surmontent, que des recherches persévérantes, par exemple dans la contrée de Saragosa, feront encore découvrir des couches qui permettront d'y reconnaître les fossiles crétacés qu'elles contiennent.

Dans les environs du lac de Maracaybo, près de Perija au pied est du massif d'Ocaña se trouvent de puissantes couches d'asphalte entre des bancs d'un calcaire dont les Inocerames et les Ammonites en font l'analogue de ceux de Socorro et de La Plata; il affleure aussi sur la rive nord du la de Maracaybo dans l'Ile de St. Carlos de même qu'au Sud de celle-ci dans la contrée de St. Cristobal et de Bottijoque, où les sources de pétrole proviennent probablement aussi de lits d'asphalte.

Dans la Cordillère occidentale que limitent la rive gauche du Cauca et la rive droite du Patia qui coule au Sud on ne reconnut plus les fossiles du Crétacé inférieur; mais la structure et la disposition des couches, qui sont recouvertes par le Crétacé supérieur, et traversées, altérées par des veines de quartz riches en or et en platine, tout cela rend très vraisemblable l'hypothèse qu'elles appartiennent bien à cette époque.

Tandis que, à la base du Crétacé inférieur les marnes et argiles prédominaient, le premier rang, à la partie moyenne de cette division, est dévolu aux calcaires, et à la partie supérieure ce sont les grès qui l'emportent.

Ce grès, qui çà et là alterne avec d'épaisses couches de schiste siliceux et renferme aussi de minces bancs de schiste argileux la plupart du temps de couleur claire, a un grain fin, une couleur blanche, parfois aussi légèrement jaunâtre; il est quartzeux et divisé en couches épaisses de plusieurs pieds. Les schistes siliceux qui alternent avec le grès sont presque toujours jaunâtres, très rarement foncés et alors leurs caractères physiques, il est vrai, les rapprochent de ceux du Crétacé inférieur gisant immédiatement au-dessous; cependant les restes organiques aident à les en distinguer facilement: tandis que ceux du Crétacé inférieur renferment spécialement des Inocérames, ceux-ci se distinguent par la grande quantité de Polythalamies qu'ils renferment fréquemment, de coquilles d'Orbitolina, Robulina, Nodosaria et espèces semblables; en outre on trouve dans les calcaires qui accompagnent ces grès des coquilles de Rudistes, de Bivalves: Lucina, Cardium, Pecten, Ostrea, Exogyra Boussingaultii d'Orb., et des Echinodermes: Ananchytes ovata Lam., Micraster cor-anguinum, Goldf., Discoidea excentrica d'Orb., Echinus Bolivarii d'Orb., Enallaster Karsteni de Loriol, Galerites sp., etc. Dans le grès aussi on trouve des coquilles de Gastéropodes, de Bivalves, des restes de poissons et, à ce qu'il semble, des Rudistes; j'y trouvai même un reste d'Ammonites (peut-être Am. Roissyanus d'Orb.) trop mauvais pour être déterminé avec certitude.

Ce groupe de roches siliceuses, dont la puissance peut être évaluée en moyenne à environ 1000 m., forme le plus souvent les plus hauts sommets de la chaîne orientale; le Paramo de Chita de près de 6000 m., et couvert de neige éternelle, le Chingasa, le Paramo de Suma Paz, sont formés par ce grès et ces schistes siliceux.

Dans la chaîne occidentale qui sépare les bassins du Patia et du Cauca supérieur de l'Océan pacifique affleurent aussi ces grès, schistes siliceux et calcaires à Polythalamies sur une grande puissance; ils y sont, de même que leur substratum, traversés par des veines calcaires aurifères, par exemple à Vijes près de Cali et Buga.

Ce complexe de couches à Polythalamies doit être probablement parallélisé avec le Quader supérieur et le Pläner de Saxe, auxquels il ressemble par ses caractères extérieurs; il y correspond aussi par ses relations paléontologiques, quoique les formes caractéristiques des classes d'animaux supérieures y soient encore à découvrir. Il est recouvert en stratification discordante par un grès micacé, blanc ou jaunâtre, plus ou moins grossier, puis par des quartzites et des marnes bigarrées, de même que par des schistes argileux, qui enferment des bancs d'un lignite-jais pur, d'environ 3 m. d'épaisseur et alternent avec lui en minces couches.

Ce dernier groupe, qui se distingue par sa pauvreté en fossiles, se trouve développé dans les parties supérieures; la puissance en est alors peu considérable; il n'en est pas de même dans les basses régions, où il devient toujours plus puissant et plus important, pour affleurer, dans les vallées du Magdalena, du Cauca et du Patia, à l'exclusion de presque tout le reste; cependant, selon la contrée, il est tantôt représenté plutôt par des conglomérats, tantôt par des grès, tantôt par des argiles; celles-ci, la plupart du temps bigarrées, micacées, contiennent souvent des cailloux et passent à des poudingues. Les conglomérats sont formés de cailloux de la grosseur du poing, ou plus petits, d'un schiste siliceux ou d'un quartzite qui appartiennent au groupe à Foraminifères et sont reliés par un ciment quartzeux.*) Dans quelques contrées du Magdalena ce complexe est superposé aux marnes citées plus haut, rouge-brun, sableuses, à paillettes de mica; celle-ci doit encore être étudiée au point de vue de savoir si elle appartient encore au Crétacé ou si elle forme le membre le plus inférieur de la série tertiaire; cette dernière hypothèse me semble la plus vraisemblable, car les conglomérats tertiaires reposent immédiatement sur cette marne massive; de plus les marnes crétacées ne renferment point de mica, elles sont plus fermes et distinctement stratifiées, et renferment dans leur partie supérieure de minces lits calcaires. Dans le voisinage de cette marne, du pétrole jaillit du conglomérat: ainsi dans le pays de Mendez: près de la plantation de St. Antonio près de Guaduas, de même dans le Magdalena supérieur non loin de La Plata sur la rivière du Paez, et d'après Humboldt, à Cojetambo près Cuenca, où il sort du grès rouge peut-être synchronique avec le conglomérat et le grès rougeâtre du Magdalena, tandis que l'asphalte de Tintini près Maracaybo forme des lits dans le calcaire crétacé.

Rares sont les calcaires dans cette série tertiaire; je n'y ai point observé de fossiles dans le Magdalena supérieur. Près de Popayan je trouvai, adossées à un porphyre, de faibles couches de schiste argileux et de calcaire, qui renfermaient des coquilles de mollusques tertiaires (Gastéropodes, Cardium, et la Rostellaria Gaudichaudi, d'Orb.), très semblables à celles du monde actuel. Sur la côte occidentale Codazzi observa le

---

*) Dans un caillou de ces conglomérats, qui affleurent dans l'Alto del Serjento et le chainon qui s'y rattache à l'Ouest de Guaduas (ils sont formés de débris de roches qui sont en place à l'Est au Palmar et à l'Alto del Trigo, Profil V) je trouvai une grande quantité de formes diverses de Robulines, Textulines et autres Foraminifères.



Tertiaire, surtout dans sa partie septentrionale, où, à l'ouest de l'Atrato, du 5° au 8° lat. N., le chaînon de Baudo s'élève à une hauteur moyenne de 300 m., et se réunit au Nord avec la chaîne plutonique de l'Isthme de Panama.

Quant à ces ossements gigantesques de mammifères éteints, je les vis en Colombie constamment dans une marne sableuse rouge qui recouvre le Tertiaire; en Ecuador cependant, où on ne les trouve pas seulement dans les plaines basses, mais aussi sur les plateaux et les versants des cônes trachytiques des volcans, ils gisent en partie dans un tuf volcanique extérieurement très semblable à cette marne. Ces ossements ont dans ce pays une grande répartition; j'en observai dans le massif de Cumana, à St. Juan de los Morros, à St. José de Cucuta; dans ces deux dernières localités gisaient des squelettes encore entiers, et à Cucuta plusieurs ensemble. De plus j'en vis à Barbacoas de Tucujo et au Nord de là à Carora; et on en trouve aussi sur la presqu'île de Paraguana. Sur le Magdalena inférieur on en trouve en grande quantité à El Plato; sur le cours moyen du Cauca, de même au Nord de Medellin on les trouve dispersés dans les plaines de Cundinamarca, par ex. à Soata, Cobarachia (au Chicamocha), à Lagunaverde (Cocui) à 3650 m. d'altitude; à Soacha près de Bogota Humboldt recueillit une dent de Mastodon angustidens. Pour moi je ne fis plus tard aucune attention aux indications de gisements que me donnaient les habitants de Colombie pour ces „squelettes de géants"; toutes les peines que je pris pour en déterrer quelques-uns des mieux conservés, dans un but scientifique, furent rendues vaines par la fragilité des ossements; je ne dressai pas même de liste exacte de ces localités, tant elles étaient nombreuses, de sorte que je ne puis malheureusement donner maintenant qu'une partie de celles que j'ai connues. — Ces mammifères furent probablement engloutis par la mer miocène, qui envahit leur demeure, l'archipel équatorial, au temps de l'éruption des trachytes, et les ensevelit sur le nouveau continent, dans le Diluvium et les déjections volcaniques.

Les brèches coquillières qui affleurent par places sur toute la côte nord paraissent être encore plus jeunes, par exemple celles de Cartajena et celles des collines de Turbaco; il en est de même des dépôts de faible puissance qui s'étalent au pied nord du massif neigeux de Santa Marta, à Coro, Pt. Cabello, La Guayra, Cumana, etc., et renferment de nombreuses espèces de ces mollusques (v. p. 9). Des études plus exactes de ces fossiles décideront si les roches coquillières jaunes, argilo-calcaires, qui à Cimiti, au Nord de Mompox, recouvrent les schistes argileux foncés du Crétacé, appartiennent à cette époque tout à fait récente ou à une autre plus ancienne (Senonien? voir p. 29).

Ces dépôts tertiaires sont puissamment développés dans les grandes vallées de la Nouvelle Grenade, qui toutes sont des vallées de fracture.

Dans le plateau volcanique situé entre Tuquerres et Ibarra, au pied des volcans de Cumbal et de Chiles, j'observai, dans un quartzite lité entre des couches de cailloux et de cendre pumicitique, des coquilles cythériformes, presque à deux chambres, très abondantes, la Cyclopaea Rumichacae (pl. VI. f. 2), outre des Foraminifères: restes peu nombreux des animaux qui peuplaient la mer tertiaire de l'archipel volcanique.

Si les dépôts tertiaires de cendre trachytique, les lits de cailloux sans fossiles et les conglomérats qui s'appuient aux couches crétacées ont la même direction et le même plongement que celles-ci, il ne sera possible que par une étude très exacte de leurs dispositions et de leur nature pétrographique de se convaincre de leur différence spécifique; on trouve que les sables et cailloux tertiaires, sans fossiles, micacés, ne sont qu'adossés au Crétacé ou, comme près de Pacho, de Muzo, Cipaquira, Facatativa, les recouvrent en discordance. Leur direction est de même moins à l'Est, plus au Nord que celle du Crétacé adjacent, ce qui appuie l'idée que leurs soulèvements respectifs appartiennent à des époques différentes.

Si l'on tient compte du soulèvement des couches crétacées qu'on a observé en d'autres endroits de la même chaîne (à Popayan et La Plata) et du fait que celles des chaînes voisines (à Chipasaque près Bogota, et à Vijes au pays de Cali) sont traversées par des veines aurifères et argentifères, on est tenté de supposer que la formation ou la percée de ces filons appartient à la même époque que le soulèvement des couches, que cette époque se place à la fin de la période crétacée et qu'alors, ce fut la Cordillère centrale d'Antioquia qui fut soulevée le plus haut au-dessus de la mer, car les couches tertiaires n'en recouvrent les versants, le plus souvent, que jusqu'à une hauteur de 1500 m., tandis que les deux Cordillères latérales, parallèles, en sont recouvertes en beaucoup d'endroits jusqu'à 3000 m.; c'est un indice que lors de ce premier soulèvement elles restèrent encore presque entièrement sous l'eau, et que leurs plus hauts sommets seulement formaient une rangée d'îles au-dessus de la mer.

Dans la contrée de Mariquita, au Nord-Est des Nevado's trachytiques de Ruiz et de Tolima, on trouve le Tertiaire recouvert de puissants lits de cailloux et de sable, en majeure partie volcaniques, renfermant aussi cependant des cailloux de roches plutoniques ou métamorphiques, outre les andésites, pierres-ponces, bois carbonisés qui sont enfouis dans la cendre volcanique; ces couches remplissent cette vallée sur

une étendue de plus de 20 milles carrés; elle est maintenant sillonnée par le Magdalena; d'autres cours d'eau la parcoururent aussi de l'Ouest à l'Est, qui emmenèrent la cendre et le petit cailloutis, laissant les plus gros blocs; ceux-ci maintenant se retrouvent dans les vallées latérales que ces torrents creusèrent, isolant les mesas comme plateaux élévés, étroits et à bords escarpés.

Dans les vallées du Cauca et du Magdalena, au pied du Nevado Barragan (4930 m.), qui n'est pas connu comme volcan actif, des couches semblables de produits volcaniques, surtout de cendre pumicitique et de débris de trachyte recouvrent les marnes, les cailloux et les sables récents, de sorte qu'ici comme dans le bassin du Patia et sur le plateau équatorial la disposition des couches nous montre que l'époque volcanique est postérieure au tertiaire et coïncide probablement avec le soulèvement de ces dernières couches. Sous l'équateur ce soulèvement porta les couches à Polythalamies et à Lophyropodes, qui dans l'archipel tertiaire s'étaient formées entre les tufs et les cailloux, jusqu'à une hauteur de 3000 m.; plus au Nord le Tertiaire de cette Cordillère centrale se soulevait à 1500 m., et était recouvert d'amas de débris trachytiques.

Le Crétacé supérieur proprement dit, la craie blanche de Meudon, n'a pas été observé en Colombie; peut-être est-il représenté, uni au Quader supérieur, par les schistes siliceux et calcaires souvent riches en Polythalamies; mais, comme je l'ai déjà fait remarquer, les fossiles découverts jusqu'à maintenant ne suffisent pas à le démontrer, car les Polythalamies peuvent appartenir au Gault aussi bien qu'au Turonien ou au Senonien. A Velez (5° 54′ lat. N., 74° 26′ long. occid.) j'observai une superposition discordante de ces schistes à Polythalamies aux couches à Céphalopodes du Crétacé inférieur.

La direction du complexe tertiaire sans fossiles, en lits minces, peu consistant, et caractérisé par les sables verts et les conglomérats, lequel acquiert dans les vallées du Patia et du Magdalena un développement tout particulier, cette direction est en moyenne N.-S.; celle du crétacé en général du W. S. W. au E. N. E. Cette discordance de stratification de même que le fait que le tertiaire ne fait que s'adosser au Crétacé, démontrent suffisamment qu'il y eut deux époques de soulèvement différentes.

La direction des masses de couches soulevées primitivement au-dessus de la mer était Nord-Sud dans le Sud; plus au Nord-Est, elle était N.-E. Ce soulèvement affecta aussi bien les deux chaînes latérales, où nous reconnaissons encore maintenant les roches crétacées non altérées, que surtout la chaîne centrale, qui atteignit au Nord de l'Equateur son point culminant, probablement déjà alors de 3000—4000 m. En même temps les forces plutoniques semblent avoir plus ou moins, quelquefois même totalement métamorphosé les dépôts sédimentaires, transformé les calcaires en marbre, les argiles en schistes chlorités ou micacés, les grès en quartzites; elles auraient occasionné les éruptions de porphyre, de granite, de syénite. etc., qui, surtout dans la Cordillère occidentale, riche en porphyre, en forment le noyau et sont traversés de veines quartzeuses à métaux nobles.

A cette époque les deux chaînes qui accompagnent la Cordillère centrale, celle de l'Est et celle de l'Ouest restèrent en général au-dessus du niveau de la mer, entourant comme d'un récif longitudinal la terre ferme du centre, et seulement l'orientale augmentait en hauteur et en étendue vers le Nord, en déviant à l'Est. Sur ce bras oriental de la Cordillère orientale, qui maintenant forme le massif de Merida on commence par trouver (à Pamplona 73° long. occid., 7° 15′ lat. N.) les couches tertiaires soulevées à une hauteur considérable (2300 m.). Plus à l'Est leur limite supérieure tombe cependant toujours plus bas.

De même, sur les versants des chaînes littorales de Santa Marta et de Caracas, courant E.-W., le Tertiaire ne s'élève que de peu de mètres, surtout sur leurs côtés nord (voir p. 12) tandis qu'il monte un peu plus haut sur leur côté sud (à environ 100 m.).

Le profond bras de mer qui séparait cette série d'îlots et les entourait, fut comblé de couches de sables et d'argiles, et de cailloux de roches siliceuses que les courants marins arrachaient aux versants des couches redressées, en entraînant les marnes et grès plus fins, micacés, qu'ils déposaient dans les golfes peu profonds ou à une distance plus grande de leur lieu d'origine; en même temps les substances végétales flottant sur la mer se déposaient dans les eaux plus tranquilles et formaient plus tard les lits de charbons que l'on trouve maintenant souvent au-dessus du Crétacé, enfermés dans des marnes bigarrées et des grès récents.

Dans la direction de cette ancienne série d'îlôts du S.W. au N.E. se trouvent en outre, outre les lits de charbon, les dépôts de sel les plus importants du massif de Bogota (v. p. 28).

D'après ce qui précède nous distinguons, dans la région étudiée, 5 périodes de création certaines, dont la plus inférieure, celle du Jurassique, n'a été reconnue que récemment en un point de la Nouvelle Grenade (v. p. 30) tandis que la période postérieure, celle du Crétacé ancien, affleure dans les montagnes de toute cette contrée et se distingue par une grande diversité de Céphalopodes; elle se laisse peut-être aussi diviser en 2 sous-divisions, par la présence des Bélemnites, du Ptychoceras Humboldtianus Krst., de l'Ammonites

Noeggerathii Krst., Am. Rothii Krst., Am. santafecinus d'Orb., Am. Boussingaultii d'Orb., Hamites Arboledae Krst., dans les couches inférieures, principalement marneuses. La 3e série, celle du Crétacé supérieur, caractérisée par les puissants dépôts de calcaire, grès, et schistes siliceux, se reconnaît, au point de vue paléontologique, à la grande quantité de Rudistes qui apparaissent à l'Est et au Polythalamies très répandues dans le centre et l'Ouest.

La 4e série, la Tertiaire, est caractérisée par la fréquence d'ossements de vertébrés et la présence de cailloux et de puissants conglomérats formés aux dépens des schistes siliceux des périodes plus anciennes et par la grande extension des marnes micacées et des lapilli et cendre trachytiques; le 5e groupe, le Quaternaire, est constitué par des terrains de remblai, graviers et lits de cailloux, et par des brèches coquillières sur les côtes de la mer; les coquilles appartiennent à des espèces encore vivantes.

Quelques constatations de discordances dans la disposition respective de ces cinq séries montrent qu'elles correspondent aussi à des époques de soulèvement distinctes (voir p. 27, 33, 48, 49, 50) et la répartition géographique du Quaternaire nous apprend de la manière la plus évidente, même en l'absence d'une discordance bien nette avec le Tertiaire (à l'exception des environs de St. Pablo sur le Magdalena inférieur, où les discordances observées appartiennent peut-être à notre cas), nous apprend, dis-je, que ces deux divisions furent soulevées à des époques différentes.

La dernière série, le Quaternaire, a une faible extension; quelques régions légèrement soulevées de la côte lui appartiennent. L'époque précédente, celle du Tertiaire, est de beaucoup la plus répandue: presque tout le territoire des vastes plaines de l'Orénoque et sans doute la plus grande partie de celles des Amazones y sont comprises; les plus hautes sommités du continent actuel datent de cette époque.

Les terrains plus anciens, celui du Crétacé, dans lequel des recherches ultérieures démontrent encore la présence de plusieurs étages différents, formaient dans la mer tertiaire des îles allongées, alignées au Nord-Est, et dont la plus orientale formait le massif actuel de Cumana; une autre île de la série orientale avait son point culminant dans le massif actuel de Merida; l'île occidentale entourée au sud d'un archipel d'îlots volcaniques était parcourue par des chaînes de montagnes riches en filons d'or et de platine.

Il est remarquable que les versants les plus abrupts du territoire crétacé, qui court lui-même presque en arc-de-cercle au Nord-Ouest, soient tournés principalement contre le massif de Guayana, dont les dômes arrondis de roches granitiques, autant que je le sache, surgissent des plaines tertiaires comme des îles hors de l'Océan. Les couches tertiaires au contraire, là où elles sont soulevées en massifs, ou bien recouvrent les versants des chaînes de montagne, ou forment des vallées de fracture (comme dans le Magdalena et le Cauca) et la tranche de leurs couches regarde la vallée.

Le massif de Guayana parait être le centre des différents Cordillères appartenant à la Colombie; centre dont dépend la direction de toutes ces chaînes; celles-ci s'élèvent à l'Ouest en Colombie et au Nord (Vénézuela) comme les bords d'une grande crevasse circulaire qui se forma dans l'écorce solide de la terre à la circonférence de ce centre primitif de soulèvement; crevasse qui, bien qu'alors non encore reconnaissable par des massifs importants dans toute son étendue, fixait déjà la direction des éruptions contemporaines et postérieures.

La force de soulèvement qui causa la formation de cette crevasse autour de ce centre granitique, paraît, dans les temps primitifs, à l'époque plutonique, avoir agi de l'Est à l'Ouest; c'est-à-dire, que commençant au Nord-Est, elle atteignit son plus grand développement au Nord, et de là diminua de plus en plus vers le Sud; par contre le dernier soulèvement de quelque importance, celui de l'époque tertiaire volcanique, suivit la direction opposée.

Au Nord, les chaînes plutoniques qui bordent la mer atteignirent leur hauteur actuelle presque au premier soulèvement; elles ne furent que surélevées à la fin du Crétacé et du Tertiaire, tandis qu'au Sud elles restèrent en partie recouvertes par la mer; ce fut seulement à la fin de l'époque tertiaire que l'éruption des masses et laves trachytiques, très violentes au Sud, et diminuant peu à peu vers le Nord, leur donnèrent leur forme et leur hauteur actuelles.

EXPLICATION DES PROFILS

EN PARTIE DESSINÉS COMME ASPECTS.

I

Massif de Santa Marta (11° lat. N.) de St. Juan de la Cienaga à Maracaybo (69° 45′ à 74° 20′ long. occid.) (voir pag. 22).

Ce massif (7926 m.) qui dépasse la limite des neiges s'élève sur le côté nord, au bord de la mer, comme celui de Caracas, sans en être séparé par une région littorale, et retombe, au Sud, encore plus brusquement contre la vallée d'Upar; il est constitué presque en entier par des roches syénitiques et amphiboliques, divisées en couches. La syénite, en se chargeant de mica, passe au granite. A l'Ouest les contreforts sont formés de roches métamorphosées, et s'élèvent de la plaine quaternaire. Au pied sud et est s'y appuient des marnes et calcaires schisteux du Crétacé, qui le recouvrent jusqu'à une hauteur de 1700 m.; au voisinage immédiat des roches cristallines ces roches crétacées sont altérées; à l'Est entre Tomarazon et Papayal, sur le „potrero de Benantio", le calcaire, redressé verticalement, est devenu cristallin et, à quelque distance des roches plutoniques, laisse reconnaître les fossiles crétacés, parmi lesquels l'Exogyra Boussingaultii d'Orb. caractérise les couches extérieures. Dans la marne rouge-brun qui forme la couche la plus ancienne se trouve l'Am. santafecinus d'Orb. Cette marne atteint ici jusqu'à 1000 m. de puissance et alterne à la partie supérieure avec un calcaire compacte, argileux, qui la recouvre ensuite avec 600—700 m. d'épaisseur.

Ce complexe crétacé qui borde le Sud et l'Est du massif de Santa Marta, est formé par les ramifications septentrionales de celui d'Ocaña; elles s'étendent du S. au N. et enferment entre elles 6 à 7 vallées longitudinales. Les couches, près du massif de Santa Marta, plongent à l'Est, et du côté de l'Est, à Ouest; ici, où le calcaire prédomine, elles renferment de puissants dépôts d'asphalte liquide.

Jusqu'à une hauteur de 200 m. s'appuie à ce massif la série tertiaire qui recouvre probablement la presqu'île plate des Goajiros, où, du S.W. au N.E. percent quelques collines, qui à en juger par leur forme, sont formées par des roches plutoniques. Les hordes d'Indiens libres et sauvages qui habitent cette presqu'île en ont jusqu'à présent rendu l'étude impossible.

II

Le volcan de Puracé (2° 19′ lat. N., 76° 30′ long. occid.) du Magdalena à l'Est, au Cauca à l'Ouest.

Le cône isolé du Puracé est formé par des bancs (coulées?) du trachyte disposé en couches, des fentes duquel, près du sommet haut de 4908 m., s'échappent de nombreuses fumaroles. Au sommet se trouvait en 1855 un cratère de 30 m. de largeur; il rejette depuis 8 ans des vapeurs et des masses de cendre qui en recouvrent le cône à un pied de hauteur dans un rayon d'un kilomètre, et anéantissent toute la végétation. A la hauteur de 2600 m. se trouve une couche de trachyte divisée en colonnes verticales, à laquelle s'appuient du côté de l'Ouest des dépôts de cailloux andésitiques, de marne et de sable avec fragments andésitiques. Sur la côté de l'Est le trachyte est recouvert des calcaires, schistes siliceux et marneux du crétacé inférieur, soit métamorphosés soit avec fossiles encore reconnaissables; le pied de ce complexe est recouvert de conglomérats de cailloux de silice. Des grès quartzeux blancs et des schistes siliceux à Foraminifères (Orthocerina, Rosalina, Textulina, etc.) occupent les hauteurs les plus rapprochées de la vallée du Magdalena, dont le fond est formé par des grès trachytiques ou syénitiques friables, qui contiennent des cailloux de ces roches; de plus par des marnes sableuses, des schistes argileux clairs, tendres et siliceux. Toutes ces couches



sont privées de fossiles, friables et facilement décomposables; elles sont redressées contre la rivière (en partie à l'Est), ainsi que les couches à Foraminifères qui les supportent. Ces couches s'étendent en aval (au Nord) jusque près de Honda; au pied du Huila, du Barragan (selon Codazzi) et du Tolima elles sont recouvertes de cendres et de cailloutis volcaniques. Sur le versant ouest du Puracé affleurent dans la vallée du Cauca des couches tertiaires de marnes, de grès et de calcaire, de même que des conglomérats de schistes à Foraminifères qui plongent sous des angles divers, souvent très grands; les calcaires et argiles se trouvent riches en mollusques fossiles, ainsi à Seguengue au N.W. de Popayan, et à Mulalo au N. de Cali.

Ces couches tertiaires sont redressées à l'Est contre la Cauca, comme le font celles de la vallée du Magdalena; aux environs de Cartago elles sont recouvertes par une formation d'eau douce.

III

Volcans du Pasto et de l'Azufral, séparés par la vallée du Guaitara ici située à une altitude d'env. 1600 m., qui coupe les couches meubles, de grande puissance, de cendre pumicitique et de tuf volcanique, de même que celles de cailloux et de conglomérats (pag. 30).

L'Azufral de même que le Pasto sont constitués par une andésite trachytique qui, à quelques endroits du pied de ces volcans, a pris des formes basaltiques, représentant des colonnes à 4 ou 7 côtés, plus ou moins régulières; sur le côté ouest de l'Azufral ces colonnes se trouvent couchées dans une colline de lave trachytique, qui s'appuie au Volcan de Pasto dans la contrée de Charguabamba. L'activité de ces deux volcans était presque éteinte lors de ma visite en 1854, excepté de petites quantités de vápeur d'eau que l'Azufral rejetait mêlées à des vapeurs de soufre et de l'hydrogène sulfuré. A la pointe sud-est de l'Azufral se trouve enfermé entre des rochers d'andésite le grand cratère ancien, semi-circulaire, maintenant rempli d'eau: la Laguna verde; c'est une eau, qui vue d'en haut, est du vert émeraude le plus pur, vue de près elle est incolore, claire, presque sans goût, a une faible réaction acide et contient en solution des traces d'alun.

Une petite presqu'île sort du lac, presque entièrement composée de soufre; du moins la roche grisnoir originelle est-elle tellement décomposée en un gravier blanc et mélangée de soufre, que le tout paraît n'être qu'une masse de soufre, des nombreuses fentes de laquelle s'échappent de la vapeur d'eau et du soufre avec ses produits ordinaires d'oxydation. A la surface ces gaz ont une température de 90°; plus bas ils sont si chauds que des matières facilement inflammables prennent feu à l'air quand elles y ont été exposées quelque temps. Des gaz semblables s'échappent des crevasses des rochers trachytiques qui environnent le cratère. Sur le versant de ce cratère sud-est, dans la direction du bourg de Tuquerres, se trouve, apparemment enfoncée dans le trachyte, une grosse masse d'une roche granitique, dont le lit du Guaitara renferme aussi quelques fragments.

Les eaux qui sourdent du sommet du Pasto sont saturées de sulfate acide d'alumine que l'on reconnaît déjà au goût; en plusieurs endroits autour de l'ancien cratère jaillissent des sources thermales. Le versant du volcan est recouvert de couches puissantes de cailloux andésitiques, de cendres et de tufs. Celui-ci contient, près de La Venta, des grenats, rubis, saphirs, etc. (v. p. 34).

A cette andésite à formes basaltiques de l'Azufral s'adosse un schiste jaune siliceux à Polythalamies; il est semblable à celui de Vijes, que traversent des veines aurifères; on y lave aussi l'or à Samaniego, dans le voisinage de ce schiste, à une hauteur de 1500 m., ceci ne coïncide pas avec l'assertion de Franzisco José de Caldas, qui est cependant un observateur habile et véridique, mais qui dit que la limite supérieure des lavages d'or ne dépasse pas 800 m. Près de Guachaves, au-dessus de Samaniego, on en exploite même par lavage à une altitude de 2850 mètres.

IV

L'Imbabura est situé par 0° 15' lat. N. près d'Ibarra, entre le Cotacachi et le Cayambur; il est formé, comme ceux-ci, d'andésite, et comme eux aussi a autrefois, par de fréquentes éruptions, modifié profondément ses alentours; il nous donne une démonstration très nette de la manière et de l'époque de sa formation. Le noyau de ce volcan est une andésite à masse fondamentale d'un noir de jais, et la pointe en est formée de hautes parois de rochers en demi-cercle, qui entourent le profond cratère en entonnoir dont l'ouverture est tournée à l'Est. Des couches de tuf, de la cendre pumicitique et des dépôts de lapilli en recouvrent les flancs. Le noyau volcanique de la montagne, l'andésite, est recouvert tout autour de grès et de schistes argileux frittés, dont la composition est analogue à celle des roches que, dans les vallées du Patia et du

Magdalena, on trouve superposées au Tertiaire et au Crétacé; seulement ici elles sont plus fermes, étant devenues probablement plus dures par le métamorphisme, elles s'appuient au noyau central andésitique, qui les a redressées et percées. Le dos de ces couches, de même que le pied de la montagne, est recouvert par de puissantes couches de lapilli et de cendre pumicitique, de tufs et de conglomérats de roches volcaniques. Le Mira coupe toutes ces couches près de la ville, jusqu'à 25 m. de profondeur. Un tuf, qui affleure sur le flanc nord de l'Imbabura avec une énorme puissance, forme le substratum des autres couches de cendre et de conglomérats. A l'Est du volcan, vis-à-vis de l'ouverture de son cratère, la couche supérieure de cailloux d'andésite et roches métamorphiques a été enlevée et seules quelques collines allongées en trapèze, dont l'axe le plus long est tourné vers le cratère, prouvent la présence primitive de toute cette couche de cailloux; elles nous rendent en même temps attentifs au fait d'inondations provenant de la région médiane de la montagne, inondations qui ici sont assez difficiles à expliquer, vu que l'Imbabura n'atteint pas la limite des neiges; peut-être pourrait-on admettre que toutes ces couches de tuf, de cendre pumicitique et de cailloux se formèrent déjà sous la surface de la mer, et que le soulèvement de tout ce massif volcanique à sa hauteur actuelle coïncida avec un soulèvement simultané plus fort de l'Imbabura et de la plupart de ces sommets volcaniques de quelque importance, soulèvement qui eut pour conséquence un plus fort courant d'eau dans cette direction. Un argument en faveur de cette hypothèse gît dans la présence voisine d'un gisement de mollusques marins dans une roche qui alterne avec des cailloux et des cendres de même nature, à Rumichaca au pied du Volcan de Chiles.

V

Profil de la chaîne de montagne de Bogota et de celle de Médellin située vis-à-vis, par le volcan de Ruiz; profil du chaînon de Baudo, qui borne l'Océan pacifique.

Le Volcan de Ruiz (4° 50′ lat. N., 75° 40′ long. occid.), le plus septentrional de la Cordillère centrale de la Nouvelle Grenade, ne montre maintenant, à l'instar de son voisin le Tolima, que de faibles traces de son activité volcanique qui fut autrefois considérable (v. p. 31). Au Nord, jusqu'à 5° 9′, se trouve une roche trachytique, au Cerro de Ventanas, dont les débris sont très répandus dans la vallée du Cauca, et que Posada-Arango tient pour un volcan éteint.

La plus grande partie des basses régions de cette chaîne volcanique est composée de syénite qui, par places, se charge de mica noir et passe à un granite, tandis que l'amphibole disparaît. Plus bas ce granit alterne avec des schistes micacés, argileux et chloriteux, qui enferment des couches de quartzite, de marbre blanc ou de calcaire cristallin. Çà et là les couches plutoniques sont percées par le trachyte. Le pied du flanc oriental et la plaine avoisinante sont recouvertes de couches puissantes, parfaitement horizontales, d'argile jaune, de sable et de graviers, surmontées d'une marne rouge; la première renferme de nombreuses empreintes de feuilles de Dicotylédones, très semblables à celles des arbres actuels; ces couches forment pour la plupart l'assise la plus inférieure de ce système, qui sur le versant occidental, là où il repose sur la surface érodée et ondulée des roches plutoniques, en est séparé par une couche aurifère de cailloux et d'argile. De toutes ces couches presque horizontales, qui appartiennent à l'époque tertiaire, toutes celles qui dans la vallée du Magdalena montent à plus de 1000 m. ont été presque entièrement enlevées; quelques collines seulement (b du profil) dont le versant oriental est fortement incliné recouvrent de leurs dômes les schistes cristallins et métamorphiques avec leurs différents plongements, quelquefois très abrupts. A la hauteur de Mariquita (548 m.) la plus grande partie de ce complexe tertiaire a été enlevée par des eaux qui coulaient de l'Ouest à l'Est. Les longues et étroites mesas qui sont restées, allongées de l'Est à l'Ouest ont de toutes parts des flancs escarpés. C'est seulement dans les contrées plus basses que le sous-sol plutonique en est complètement recouvert, et ce groupe tertiaire se cache de nouveau sous de puissants dépôts de sable et de gravier de roches volcaniques, mêlées de blocs de granite et de gneiss (a du profil).

C'est dans ces couches de débris volcaniques et dans ces dépôts neptuniens tertiaires, que, vis-à-vis du Ruiz, coupent de l'Ouest à l'Est de profondes vallées transversales, que le Magdalena s'est creusé son lit du Nord au Sud, borné tantôt sur le rivage droit, tantôt sur le rivage gauche par des groupes pittoresques de collines formées par ces couches horizontales de l'époque la plus récente; à Honda celles-ci reposent, dans le lit du fleuve, sur de la syénite jusqu'à ce que la rivière, par 6° 40′ lat. N., au-dessus de St. Bartholome, atteigne les alluvions horizontales peu dérangées de leur position primitive. Sous celles-ci affleurent près de Simiti (8° lat. N.) des schistes noirs et des calcaires bleuâtres, qui plus à l'Ouest supportent un dépôt diluvien aurifère.

Sur sa rive droite, en face du Ruiz, s'élèvent les contre-forts des montagnes de Bogota; une argile

rouge micacée, rappelant les schistes micacés du Ruiz, alterne avec des sables et des argiles qui renferment aussi du mica et çà et là des fragments plus ou moins gros de schiste micacé (même à une hauteur de 1000 m., comme à Guaduas). L'argile rouge (c) forme le substratum d'un sable micacé et de conglomérats (d) de roches siliceuses, qui proviennent des escarpements des schistes à Polythalamies (e) du voisinage; ceux-ci forment à l'Alto del Trigo et del Palmar, à une hauteur de 2000 m., les sommets de ces montagnes et recouvrent de puissants complexes de schistes siliceux et de calcaires du Crétacé inférieur, qui renferment ici, dans la vallée de Villeta (f), de nombreux restes organiques.

Sur le flanc droit de cette vallée de Villeta, ce Crétacé inférieur est recouvert d'environ 1000 m. de grès quartzeux et de schistes siliceux (g) qui remontent jusqu'au plateau de Bogota à 2700 m., et forment à l'Est de cette ville les arêtes culminantes de la chaîne; à Bogota même elles sont encore surmontées par les couches tertiaires de grès micacés passant à des conglomérats et de marnes bigarrées, à lits de quartz et de charbon.

A Zipaquira se trouve, touchant les escarpements perpendiculaires du Crétacé, resserré dans leurs crevasses qui se déjetèrent probablement encore davantage lors d'un soulèvement ultérieur, l'important gisement de sel qui approvisionne la majeure partie du pays.

Aux environs d'Ubate, comme sur le Guadalupe près de Bogota, affleurent les couches presques verticales de ce grès crétacé supérieur, recouvertes de dépôts tertiaires presque horizontaux. De même au pied du Guadalupe on voit ces couches horizontales ou des dépôts tertiaires semblables avec un très faible plongement à l'Est; elles forment le support de l'alluvium de la plaine, tandis qu'au pied du Monserrate, qui n'est qu'à peu de distance, le tertiaire plonge très fortement, sous le même angle que les couches du Monserrate lui-même (p. 28).

Le pied du flanc occidental du Ruiz est aussi formé de roches syénitiques, cristallines et de schistes métamorphiques, dans lesquels le Cauca s'est creusé son lit; dans le voisinage de cette rivière elles sont recouvertes de même par des couches horizontales de sable et de débris syénitiques et porphyriques, rappelant ceux du versant oriental, tandis que la chaîne occidentale, qui sépare le bassin du Cauca de celui de l'Atrato et qui est la continuation de celle de Cali, est constituée par du porphyre et des couches métamorphiques traversées par des veines aurifères.

De ces roches est formé le sable aurifère qui, avec des graviers et de marnes, recouvre les couches en place de la vallée du Cauca et de l'Atrato. A l'Ouest, sur les rives de l'Atrato, ces roches sont recouvertes de conglomérats et de brèches coquillières tertiaires, qui constituent la chaîne littorale de Baudo, laquelle s'étend au Nord jusqu'à l'Isthme de Panama (7° 15′), et au Sud jusqu'à 4° 10′ de lat. Nord.

VI

Le volcan de Chiles, 0° 52′ lat. N., avec le cône d'andésite du Guaca, situé vis-à-vis à l'Est et la plaine de Carlosama et Pupiales, qui les sépare, et qui est coupée par le Guaitara.

Comme le Guaca, le Chiles est aussi constitué par des entassements de bancs de trachytes, des fissures desquels s'échappaient autrefois des vapeurs de soufre et d'eau, ainsi que le montrent les dépôts de soufre qu'on y remarque; ce phénomène a encore lieu sur un second cône plus petit du Chiles, l'Oreja. De puissantes couches de conglomérats formés aux dépens de ce trachyte andésitique recouvrent les sommités latérales qui s'appuient à la montagne principale (v. page 37); à ces conglomérats s'adossent à l'Ouest, à une hauteur de 2600 m. près de Mallasquer, des roches stratifiées qui, d'après leurs caractères pétrographiques, appartiennent au Tertiaire (v. p. 44). Le pied oriental du Chiles, dans la vallée qui sépare ce volcan du Guaca, montre de même des lits de cailloux de schistes métamorphiques et des marnes sur lesquelles, à la Laja (v. p. 36), repose un banc d'andésite trachytique, irrégulièrement divisée en colonnes (a), et de nouveau recouverte de puissants dépôts de cendre pumicitique, de cailloux de trachyte et de marnes. Dans ces dernières couches s'intercale à Rumichaca un banc de silice avec Foraminifères et autres animaux à carapace peut-être voisins des Lophyropodes. Un bloc de cette roche forme le célèbre pont naturel de Rumichaca.

VII

Volcans de Pasto et de Bordoncillo, montagnes de Beruecos, la vallée du Patia et les Cordillères occidentales.

Les andésites du Pasto et du Bordoncillo sont recouvertes au Nord de puissantes couches de cailloux de roches volcaniques et plutoniques de tufs et de marne sableuse rouge, et de quartzites; elles reposent

sur les roches métamorphiques et schisteuses qui constituent le massif de Beruecos, situé entre les rivières du Juanambu et du Majo.

La vallée du Patia, qui reçoit ces deux rivières, coupe en partie des couches fortement redressées, peu puissantes, de schistes marneux argileux ou sableux, de cailloux de roches cristallines et de conglomérats d'un calcaire siliceux contenant des rognons de silex et des coquilles; ce calcaire provient vraisemblablement de couches qui affleurent en place à quelques lieues de Popayan dans la Cordillera occidental (v. p. 32, 52). Toutes ces couches sont çà et là couvertes à leur tour de lits horizontaux d'une marne peut-être volcanique (tuf) renfermant des fragments de roches cristallines et des cristaux isolés ou des fragments de rubis-spinels, grenats, saphir et topaze. Ces deux complexes de couches: le groupe inférieur redressé, composé de grès friables, de marnes et de cailloux, et les dépôts de cailloux et de sable qui le recouvrent en discordance, ces deux systèmes affleurent dans toute la vallée du Patia, ainsi que dans le cours supérieur du Cauca. Avant le dernier grand soulèvement accompagné d'éruptions volcaniques, avant le crevassement et le redressement de ces couches, ces deux vallées formaient bien sûr une mer continue ou plutôt un bras de mer qui, lorsque plus tard le Sotará, le Puracé et le Huila étendirent leurs bases du côté de l'Ouest après leur soulèvement, fut séparé en deux parties et donna naissance à deux systèmes de rivières, dont le méridional est empêché de poursuive son cours à travers le grand plateau volcanique équatorial et, tourné à l'Ouest se jette dans le Grand Océan, en y entraînant avec soi dans son cours impétueux les roches meubles de la vallée de Patia; au contraire les eaux qui forment au Nord le second système, trouvent dans les masses des Cordillères occidentale et centrale, qui se rapprochent au Nord de Cartago, une barrière qui les force à couler plus lentement jusque-là et ne permet pas le transport de grosses masses d'érosion; les couches ne furent entamées que très superficiellement et restèrent en général recouvertes d'alluvion. Par suite de cela se forma dans les environs de Cartago un dépôt d'eau douce (Profil VIII).

VIII

Profil pris un peu plus au Nord à travers les Cordillères centrale et orientale, jusqu'aux plaines de la Meta.

Le volcan de Tolima, haut de 5616 m. et situé au Sud du Ruiz, est composé comme celui-ci d'un noyau andésitique, qui traversa les roches amphiboliques et micacées de même que les schistes métamorphiques. Il ne montre plus maintenant que de faibles traces d'une activité autrefois considérable; des sources sulfureuses, des exhalations de vapeur d'eau, et d'hydrogène sulfuré, mélangées d'un peu d'acide carbonique s'échappent seules du vieux cratère, près de la limite des neiges.

Du côté de l'Ouest, la base du Tolima touche à la vallée de Cartago que nous avons décrite plus haut (p. 31), avec son bassin d'eau douce; à l'Est elle atteint la vallée du Magdalena qui forme à son pied une plaine large de plusieurs lieues, dont les couches horizontales sont constituées par des cailloux des roches qui forment la base du Tolima; dans le voisinage de la rivière, à Piedras, elles ont été disloquées et redressées, ce qui semble avoir pour cause la présence d'une roche chloritique (v. p. 30 et 53).

Sur la rive droite de la rivière nous trouvons les mêmes roches que nous avons observées vis-à-vis du Ruiz. Près du Magdalena affleure le Tertiaire de la vallée de Neiva, plus haut près du Tocaima les schistes siliceux à Foraminifères, et par-dessous le Crétacé inférieur que l'on reconnaît à Anapoima (1131 m.) par ses nombreux fossiles et qui apparaît jusque dans le voisinage de la Mesa de Juan Diaz (1200 m.). D'ici en haut le Crétacé inférieur devient plus rare et, à la hauteur de 2000 m., affleurent seules les couches à Foraminifères du Crétacé supérieur, qui forment les plus hauts sommets du massif oriental.

A la Mesa et à Anapoima la Crétacé plonge 45° E., il est recouvert de puissants dépôts de cailloux du Crétacé récent duquel les tranches des couches les entourent en hémicycle, dont le fond submergé avant le soulèvement de l'époque tertiaire fut rempli de ces débris. Mises à sec par ce dernier soulèvement, les masses de graviers qui entouraient la Mesa actuelle de Juan Diaz furent enlevées par les flots de la mer tertiaire.

Au côté est du Monserrate et du Guadalupe, affleurent, sous les couches à Foraminifères, les assises du Gault et sous celles-ci les marnes et calcaires nécomiens, qui, plus à l'Est, paraissent avoir une puissance encore plus grande, tandis que celle du Gault diminue.

Dans cette contrée, surtout entre Cipaque et Caquesa, les courbures et plissements grandioses et intéressants de ces couches de grès et de schistes argileux nous donnent une idée de la force qui les souleva et de l'extension de la chaleur terrestre jusque dans les couches les plus supérieures, sans que celle-ci fût cependant montée assez haut pour altérer et métamorphoser les roches, comme c'était le cas pour quelques

couches plus à l'Est. Ici nous voyons des couches de grès à Foraminifères alterner avec de minces lits de schiste argileux; des complexes de 30—40 m. de puissance sont recourbés en arc de cercle dont les pans sont perpendiculaires l'un à l'autre sans que la roche se soit le moins du monde fendue au milieu; il est clair que ces couches, sous l'influence des forces qui en occasionnèrent le soulèvement, furent échauffées, plus ou moins ramollies, ce qui transforma les couches de sable et d'argile en quartzites et argillites. Plus à l'Est la chaleur interne du globe semble avoir agi plus fortement sur les masses neptuniques, qui sont ici plus compactes, plus schisteuses, plus métamorphosées, plus semblables aux roches plutoniques; les schistes argileux sont soit micacés soit chloritiques, onduleux, les grès grossiers et les conglomérats compactes, fermes et fortement cimentés.

Au bord oriental de ce massif, près des plaines du Meta, à Cumaral, affleure un gisement de sel gemme dans les mêmes conditions que celui de Zipaquira près de Bogota, au pied d'un escarpement élevé de couches crétacées; il est recouvert d'un dépôt de 6 m. d'épaisseur de roches clastiques noires, qui s'appuie sur le bord droit à des couches métamorphosées, perpendiculaires, de l'époque tertiaire: ce sont des couches de conglomérats épaisses d'environ 1 m., qui alternent avec un grès puissant d'environ 0,3 m et des couches de schiste argileux d'0,1 m d'épaisseur. Les conglomérats sont composés de cailloux de quartz blanc maintenant redressés ou de fragments anguleux de schistes marneux, de quartz et de grès; ils sont d'une grosseur différente dans les différentes couches et dans le voisinage du sel mélangés de pyrite de fer. Le sel renferme de même des cristaux de cette substance avec du soufre natif. Un peu plus au Sud ces couches reprennent leur aspect naturel; à Villavicencio les vallées transversales du massif, dans le voisinage immédiat des plaines, sont remplies d'environ 100 à 200 mètres de couches de cailloux qui s'étendent à l'Est sur les plaines jusqu'à une distance de 20 milles; elles diminuent peu à peu de puissance et laissent enfin réapparaître les couches tertiaires qui recouvrent les plaines du Meta, de l'Apure et de l'Orénoque. Celles-ci sont représentées par les grès quartzeux grossiers rouge-brun, les marnes bigarrées et les schistes argileux sableux, que nous savons déjà recouvrir les plaines de Vénézuéla à Baul, Calabozo, Barcelona, etc., et qui s'étendent jusqu'au pied du massif granito-plutonique de la Guyane.

IX

Profil que donne Humboldt du massif littoral de Caracas jusqu'aux Llanos par 67° 30′ de long. occid. environ (Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft V. Berlin 1856; voir ci-dessus p. 13 et 14); à page 18 Humboldt écrit à Ewald: Peut-être est-il de quelque intérêt d'étudier un peu les formations anciennes périodiquement alternantes de schiste vert, serpentine et diabase de même que les masses éruptives plutoniques (nommées volcaniques dans le Voyage, etc., Vol. VI. p. 37 et Vol. X. p. 306) de porphyre amygdaloïde et schisteux, qui forment l'ancien rivage de ce grand bassin neptunique (Llanos de Caracas). Les bords de ces bassins étaient bien propres à faciliter des éruptions. — Ewald, en reproduisant ce passage, publie les communications qui suivent du livre de Humboldt „Voyage aux régions équinoxiales Vol. VI., p. 30—38 et Vol. X., p. 261—275 et 305, pour expliquer le profil géologique donné par Humboldt du massif littoral et du district méridional adjacent de Valencia et de Parapara. Ewald les publia dans cet ouvrage en 1853 et je les reproduis pl. II des profils suivants.

La zone de gneiss et de schistes micacés qui occupe la partie septentrionale du massif côtier de Vénézuela a, de la mer à Ville de Cura, une largeur de 10 lieues. Elles se compose, là où le profil la coupe, de deux chaînes parallèles dont la méridionale est formée exclusivement des deux roches ci-dessus, tandis que celle du Nord renferme encore du granite. Entre les deux chaînes les plateaux d'Aragua forment une vallée longitudinale où Nueva Valencia est situe à 234 toises, le lac de Tacarigua à 222 toises au-dessus de la mer. Le flanc méridional de la Cordillère littorale intérieure du plateau de Cura (266 toises) jusqu'aux Llanos, a encore une largeur de 8 lieues. C'est dans cette partie du profil que se trouve cette alternance de schistes verts, de diabases et de serpentines, association que, même sur les points du globe les plus éloignés, l'on reconnaît toujours plus comme constante. Un diabase d'un vert-noirâtre à grain fin, sans quartz, forme dans cette partie du profil la masse principale; des serpentines d'un vert olive foncé et à cassure inégale y affleurent intercalées en sous-ordre; les schistes verts enfin sont par places distinctement talqueux et contiennent de l'amphibole, mais sans mica ni quartz. Au Sud de Malpaso, où ce schiste vert perd son amphibole, il passe aux schistes bleu-noir dits „Piedras azules“. Du milieu de cette alternance de roches s'élèvent comme des ruines les rochers calcaires des „Morros de St. Juan“. Le calcaire de ces Morros est cristallin; soit très compact, soit incohérent et de couleur vert grisâtre, renfermant des paillettes de mica isolées; il contient des bancs d'une roche foncée, schisteuse, où l'on reconnaît un passage à un schiste argileux de transition ou à un

schiste siliceux; il forme peut-être un lit subordonné au milieu du complexe de ces roches métamorphiques, de schistes verts, de diabases et de serpentines et appartient sans nul doute à l'un des terrains paléozoïques. Toutes ces roches plongent assez régulièrement contre la côte. Au calcaire des Morros s'appuient d'autres calcaires fossilifères d'âge évidemment plus récent. Si l'on s'avance au Sud contre les Llanos, on arrive entre Parapara, Ortiz et le Cerro de Flores, à des amygdaloïdes augitiques et des phonolites. Ces dernières correspondent exactement à celles de la Bohème centrale; des cristaux de feldspath vitreux qui sont pris dans la masse, lui donnent une apparence porphyrique. Elles nous fournissent la preuve certaine qu'il existe des roches de nature éruptive évidente et d'âge relativement récent, qui séparent les Llanos des massifs de la côte. Les porphyres amygdaloïdes ont une couleur bleu-grisâtre, sont vitreux, contiennent des cristaux d'augite fissurés, de la mésotype et se divisent en sphéroïdes concentriques. Ils s'associent étroitement aux phonolites et pénètrent dans les diabases de façon à alterner avec eux. Ces phonolites et amygdaloïdes forment des montagnes coniques, élevées de 30—40 toises au dessus des Llanos. Ceux-ci ne gisent ordinairement qu'à 40—90 toises au-dessus de la mer, portant en leur milieu la petite ville de Calabozo à une hauteur de 94 toises.

X et XI

Deux profils de la région décrite par Humboldt, (Profil IX) publiés dans l'année 1862 du journal sus mentionné (p. 57).

Tous deux sont pris du Nord au Sud à une distance d'un demi degré de longitude.

Le profil oriental passe par le point le plus profond du lac de Valencia, qui, selon Codazzi est à 334 mtr. au-dessous de la surface de l'eau, il coupe la haute chaîne littorale extérieure dans la Cumbre de Choroni, la chaîne intérieure parallèle dans un col près Villa de Cura; il court ensuite par la plus haute sommité des Morros de St. Juan et le Voladero de la Galera, la chaîne méridionale de collines qui limite les Llanos.

Dans le profil occidental les deux chaînes côtières sont également coupées, celle du Nord dans l'Hilaria (Cumbre de Valencia), celles du Sud dans les basses rangées de collines du Tinaquillo. La troisième, qui correspond aux Morros de St. Juan, est composée de tours de rochers calcaires isolés, qui se retrouvent à plusieurs endroits de cette région, par exemple à l'Ouest de St. Juan près d'Altar et à l'Est près de St. Sebastian et d'Orituco, mais non sur le parcours du profil; par contre la Galera est aussi coupée, près de la petite ville de Pao, à une hauteur de 568 m.

A peu près à un degré au Sud de Pao s'élèvent, des grès et des marnes tertiaires des vastes plaines des Llanos, le massif de 1500 m. d'altitude de la Galera del Baul, groupe de montagnes courant du Sud au Nord et composé de granite, de syénite, de porphyre feldspathique et de roches dioritiques. Ce massif, tout à fait isolé dans les Llanos, paraît être un rameau du système de la Parima qui s'étend au Sud de l'Orénoque. Je n'ai pas observé dans la Cordillère de Vénézuela les cristaux parfois très grands de feldspath rouge qui affleurent dans ces roches à St. Bartholo sur la rive droite du Chirgua. Dans ces syénites et granites sont inclus des bancs de grès qui, surtout près de la surface des couches, contiennent de l'amphibole, du mica et du feldspath et passent à un porphyre feldspathique (v. p. 14).

La chaîne littorale qui a son point culminant au Naiguata de Caracas (2800 m), situé à l'est de Choroni, est constituée en majeure partie par des syénites et des gneiss amphiboliques. En général sont intercalés dans ces roches plutoniques, surtout sur le versant méridional, des complexes de couches de schistes micacés, de quartzites micacés, de schistes amphiboliques et autres roches semblables, qui plongent la plupart au N.E. A Las Trincheras au pied occidental de l'Hilaria la masse syénitique renferme des fragments parfois anguleux du schiste amphibolique qui y est superposé. A Pt. Cabello au pied nord de l'Hilaria, comme à Savanna Larga de St. Mateo au pied sud du Choroni et à d'autres endroits, s'intercalent entre ces couches des bancs de marbre.

Au pied sud de l'Hilaria affleure à Valencia un calcaire, cristallin, grenu et bleu-clair à la partie inférieure, et semblable à celui des Morros de St. Juan, il inclut des fragments anguleux de la grosseur du pouce de schistes argileux et siliceux jaunes micacés; à ce qu'il parait, il est superposé aux roches de ces groupes anciens, plutoniques et métamorphiques.

La chaîne méridionale court plus ou moins parallèlement à celle du Nord qui borde la mer; elle a son point culminant un peu à l'Est du Méridien du Choroni, dans le Guaraima, haut de 1670 m. et le Roncador, de 1453 m. de hauteur. La diabase paraît être dans cette chaîne la roche prédominante; cependant il affleure aussi du gneiss, du schiste micacé, de la granulite et de la diorite, surtout sur ses ramifications

occidentales, comme par exemple dans l'Abra de Cura et à Tinaquillo des deux profils ci-joints. Les roches crétacées qui, partiellement ou entièrement, constituent la prolongation orientale de ce chainon jusqu'au cap Unare, forment aussi les assises supérieures de sa partie occidentale. Ces roches plutoniques percent en dômes isolés le terrain neptunique plus récent qui s'y adosse du côté du Sud et qui limite les vastes plaines uniformes de l'Orénoque.

De 60° 30′ à 70° 35′ la chaînon de 600 m. de hauteur nommé „Galera" forme les contreforts méridionaux extrêmes du haut massif de Caracas et de Valencia. Au-delà de ces méridiens le versant sud de la chaîne côtière intérieure du Guaraima et du Roncador s'abaisse successivement jusqu'aux plaines de l'Orénoque, dont le sol composé de couches tertiaires récents presque horizontales, est recouvert de l'alluvium qui provient des montagnes.

La plus grande partie de cette zône de montagnes est, comme je l'ai déjà dit, constituée par des roches neptuniques qui laissent encore reconnaître des fossiles.

Même dans la vallée qui gît entre ces deux chaînes de montagnes plutoniques se trouvent des fossiles tertiaires enfouis dans les calcaires et argiles des environs de Caracas, à l'Est de cette localité, à Caucagua et Sta. Lucia.

Une discordance de stratification, comme aussi une différence dans la direction et l'angle de plongement des couches neptuniennes permet de diviser celles-ci en deux terrains différents. Des Ammonites et des Inocérames caractérisent les couches inférieures qui plongent abruptement du W.S.W. au E.N.E.; les assises supérieures au contraire, avec un angle d'inclinaison faible, et courant de l'Ouest à l'Est, se distinguent par une grande abondance en Foraminifères.

Le premier de ces étages, peu étendu, est constitué par des schistes calcaires, siliceux ou argileux, plus foncés, plus compactes, même cristallins dans les couches inférieures; ce sont „les schistes bleu-noir de Piedras azules et Parapara" de Humboldt, surtout coupés par le profil oriental, il en est du même à Moja dulce et Malpaso entre St. Juan et Parapara.

Les schistes à Polythalamies, formés soit par des calcaires bleu-clair, soit par des brèches composées de schistes argileux fins, de calcaire ou de quartz, et qui recouvrent une grande partie du territoire représenté sur les deux profils, furent désignés par Humboldt en partie par les noms de schistes verts et de Grünstein. Ces couches Crétacé supérieur furent aussi trouvées en d'autres endroits à l'état cristallin, comme à la Quebraitas près du St. Juan de los Morros où elles forment le toit d'une roche chloritée ayant l'aspect de la serpentine.

A St. Juan j'observai lors de ma première visite un bloc isolé avec des cristaux de feldspath vitreux qui me fit espérer de découvrir la roche augitique signalée par Humboldt dans le voisinage, c'est-à-dire au Cerro de Flores, et qui lui donnèrent l'idée que les plaines de l'Orénoque seraient, au Nord comme à l'Ouest, entourées de formations éruptives.

Je n'y réussis cependant pas; ni à l'endroit désigné spécialement par Humboldt, le Cerro de Flores, ni ailleurs en Vénézuela je ne vis d'augites, et je suis convaincu que, si une roche augitique affleure quelque part dans ces environs des Llanos, elle doit avoir une extension très-restreinte.

En tout cas l'opinion émise par Humboldt est fausse, et le gisement de ces roches volcaniques, maintenant nommées plutoniques, qu'il indique, ne doit pas le moins du monde être placé dans les Galeras d'Ortiz et de Parapara, de St. Franzisco et de Pao, etc.

Ces Galeras, composant les chaînes les plus méridionales et bordant les Llanos, se composent de couches d'un grès quartzeux rougeâtre et de schistes argileux peu résistants, qui ont la plupart du temps un angle de plongement très ouvert, sont même fréquemment verticales et parfois ondulées, comme le profil occidental l'indique à la Galera de Pao.

Ces roches sont pour la plupart crevassées, les parois des crevasses tapissées de cristaux; sur les schistes argileux se trouvent des empreintes ou des moules en relief qui rappellent les traces de Chirotherium. Au „Volador" près Ortiz j'y trouvai des Polythalamies. Près de Pao j'observai la discordance de stratification signalée dans le profil entre ces couches et celles du Crétacé inférieur.

Le fort angle de plongement des couches de la Galera, fait exceptionnel pour les schistes à Polythalamies et qui paraît de même prédominer dans les Morros de St. Juan, se répète sur tout le pourtour de cette zône, affectant les couches neptuniques récentes; il en est de même sur la côte nord, près de Panapo à l'Est de Riochico et au Cabo blanco près La Guayra.

Au pied sud de la Galera de Pao je trouvai, dans la Quebrada de Potrero, une argile schisteuse bleue, facilement délitable, alternant avec des couches de grès; elle plonge de 15° au Nord et contient diffé-

rentes espèces de mollusques tertiaires, entre autres la Scalaria que l'on observe aussi dans la contrée de Caracas à Caucagua (Quebrada Merecure).

C'est la même argile qui me parut, à une journée de chemin plus au Sud, à Huises, alterner avec les conglomérats quartzeux et les grès très répandus dans les Llanos, où elle renferme également des restes de Mollusques bivalves, tertiaires ou quaternaires.

A Calabozo le substratum de ces roches est formé par un puissant dépôt de cailloux de quartz blanc.

EXPLICATION DES PLANCHES.*)

Sauf indication contraire, toutes les figures sont de grandeur naturelle.

PLANCHE I.

Fig. 1. **Ptychoceras Humboldtianus** Krst., de Caquesa; a) vu de côté; b) coupe transversale; c) vue idéale de la coquille libre.

Fig. 2. **Hamites Degenhardtii,** Buch, var. inflatus, Krst., Velez; a) vu de côté; b) vu du côté ventral; c) coupe transversale; d) jeune individu vu de côté.

Fig. 3. **Crioceras Duvalii** Leveillé. var. undulatus Krst., Caquesa; a) vu de côté, b) coupe transversale.

Fig. 4. **Ancyloceras Beyrichii** Krst., Velez; a) vu de côté; b) un fragment vu du dos; c) une paroi grossie; d) pourtour de la dernière de grandeur naturelle.

Fig. 5. **Lindigia helicoceroïdes** Krst.; Las Casitas près St. Benito; a) et b) restauration de la forme idéale de l'animal; c) vu du dos.

Fig. 6. **Ammonites Noeggerathii** Krst.; Caquesa, a) vue de côté, coquille un peu détériorée près de l'ombilic; b) vue de la bouche.

Fig. 7. **Ammonites Caquesensis** Krst.; Caquesa; a) vue de l'ombilic; b) vue du dos.

Fig. 8. **Ammonites Ubaquensis** Krst.; Ubaque; comme ci-dessus.

PLANCHE II.

Fig. 1. **Baculites granatensis** Krst.; Inza; a) vu de côté; b) coupe transversale.

Fig. 2. **Baculites Maldonadi** Krst.; Inza; comme ci-dessus.

Fig. 3. **Ammonites Trianae** Krst.; Velez; a) vue de côté; b) vue de la bouche.

Fig. 4. **Ammonites Roseanus** Krst.; Quetame à l'Est de Bogota; idem.

Fig. 5. **Ammonites Leonhardianus** Krst.; Trujillo (Vénézuela). Idem.

Fig. 6. **Ammonites galeatus** Buch, Tocayma. Idem.

Fig. 7. **Ammonites Didayanus** d'Orb.; Velez. Idem.

Fig. 8. **Ammonites pulchellus** d'Orb.; Velez. Idem.

Fig. 9. **Ammonites compressissimus** d'Orb.; Velez. Idem.

PLANCHE III.

Fig. 1. **Ammonites galeatoïdes** Krst.; Velez. Idem.

Fig. 2. **Ammonites Caicedi** Krst.; Velez. Idem.

Fig. 3. **Ammonites Lindigii** Krst.; Tunja. Idem.

Fig. 4. **Ammonites Codazzianus** Krst.; Tunja. Idem.

Fig. 5. Jeune exemplaire de la même.

*) Voir, pour la description détaillée: „Amtlicher Bericht, etc., 1858 pag. 101."

PLANCHE IV.

Fig. 1. Ammonites Treffryanus Krst.; Tocayma. a) vue de côté; b) vue du dos.
Fig. 2. Ammonites Toroanus Krst; Barbacoas (Vénézuela). Idem.
Fig. 3. Ammonites Ospinae. Même endroit. Idem.
Fig. 4. Ammonites Mosquerae Krst. Même endroit. a) et b) comme ci-dessus; c) un fragment de la coquille grossie.
Fig. 5. Ammonites Barbacoënsis Krst.; même endroit; a) côté de l'ombilic; b) côté de la bouche.

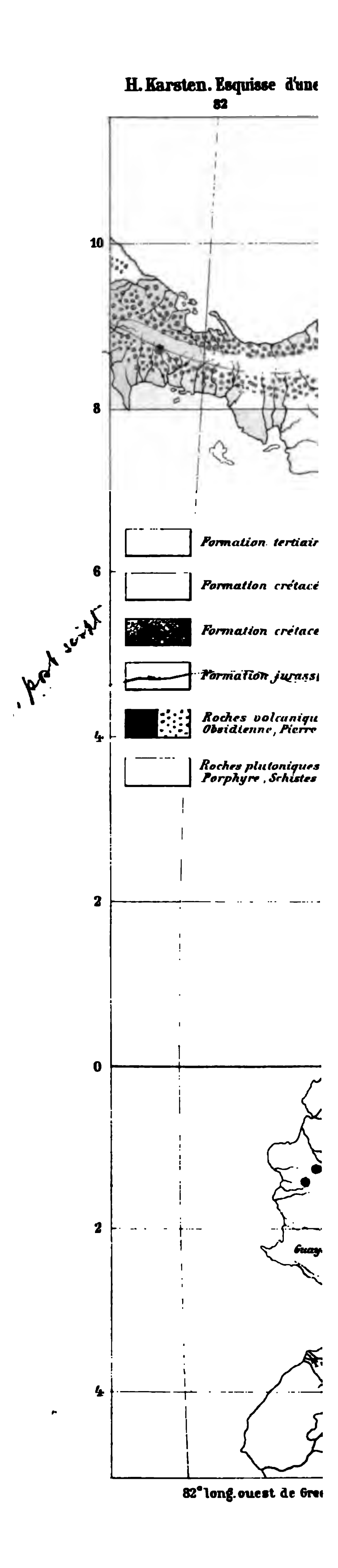
PLANCHE V.

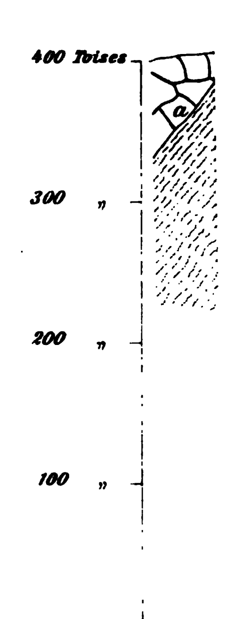
Fig. 1. Ammonites Karsteni Marcou. (A. Acostae Krst,) Tocaima; comme ci-dessus.
Fig. 2. Ammonites Hopkinsi Forbes; Leiva. Idem.
Fig. 3 et 4. Jeunes exemplaires de la même.
Fig. 5. Ammonites Dupinianus d'Orb.; Velez. Idem.
Fig. 6. Inoceramus Roemeri Krst. Inza.
Fig. 7. Crassatella Buchiana Krst. Zapatoca (sur le Chicamocha); a) vue de côté par la valve droite; b) vu de dessus du côté du crochet; c) vu de face du côté du crochet.

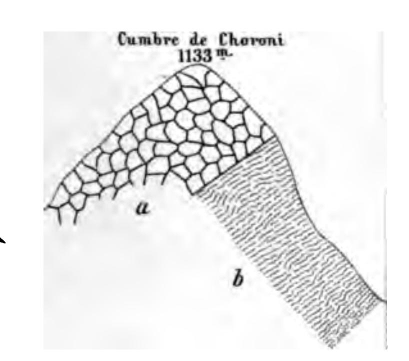
PLANCHE VI.

Fig. 1. Terebratula Haueri Krst.; a) du côté ventral; b) du côté dorsal; c) du côté antérieur.
Fig. 2. Cyclopaea Rumichacae Krst.; sur la rive sud du Guaitara (Rio Males); une masse de la roche-mère forme le Puente del Inca; Rumichaca. a) carapaces dans la roche, fortement grossies; b) coupe longitudinale de la carapace, par la paroi médiane un peu encroutée; c) coupe transversale de la même, par le milieu de cette paroi bien conservée; d) coupe transversale, la paroi médiane manquant à moitié, l'autre partie encroûtée; e) coupe transversale d'une extrémité; f) même coupe avec paroi médiane fortement incrustée.
Fig. 3. Orthocerina Ewaldi Krst. Tocayma; a) carapace dans la roche, vue de côté, fortement grossie; à la même, de grandeur naturelle; b) coupe longitudinale par la ligne médiane; à une des extrémités le canal médian a été enlevé par le polissage; c) coupe transversale où le canal médian apparaît comme un trou rond.
Fig. 4. Planulina Zapatocensis Krst.; Zapatoca sur le Sogamozo; a) vue latérale grossie, d'en haut; b) vue semblable, de dessus; c) grandeur naturelle; d) vue de la bouche; celle-ci n'est pas conservée, mais incrustée irrégulièrement.
Fig. 5. Robulina Sogamozae Krst. a) vue de côté grossie; b) vue de la bouche; c) grandeur naturelle.
Fig. 6. Orbitulina Vénézuelana Krst. Trujillo Bottijoque, Escuque etc. (Vénézuela). a) vu de la face convexe, grandeur naturelle; à grossi; b) la face concave; c) coupe transversale; d) une partie de la carapace fortement grossie; un fragment de test est détruit, ce qui permet de voir les cellules intérieures; e) les lamelles concentriques telles qu'elles apparaissent après le traitement par l'acide.
Fig. 7. Gallionella decussata Ehrbg. Cartago. **G. distans** Ehrbg., et **G. marchica** Ehrbg. grossies 500 fois; a) à l'état naturel; b) après l'action de l'acide chlorhydrique.

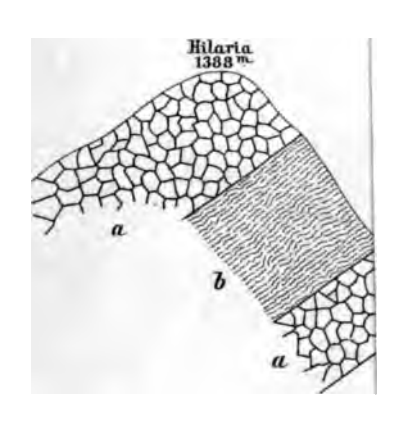
Imprimerie Julius Sittenfeld, Berlin W.


H. Karsten. Esquisse d'une
82
10
8
6
4
2
0
2
4
Formation tertiair
Formation crétacé
Formation crétace
Formation jurassi
Roches volcaniqu
Obsidienne, Pierre
Roches plutoniques
Porphyre, Schistes
82° long. ouest de Gre





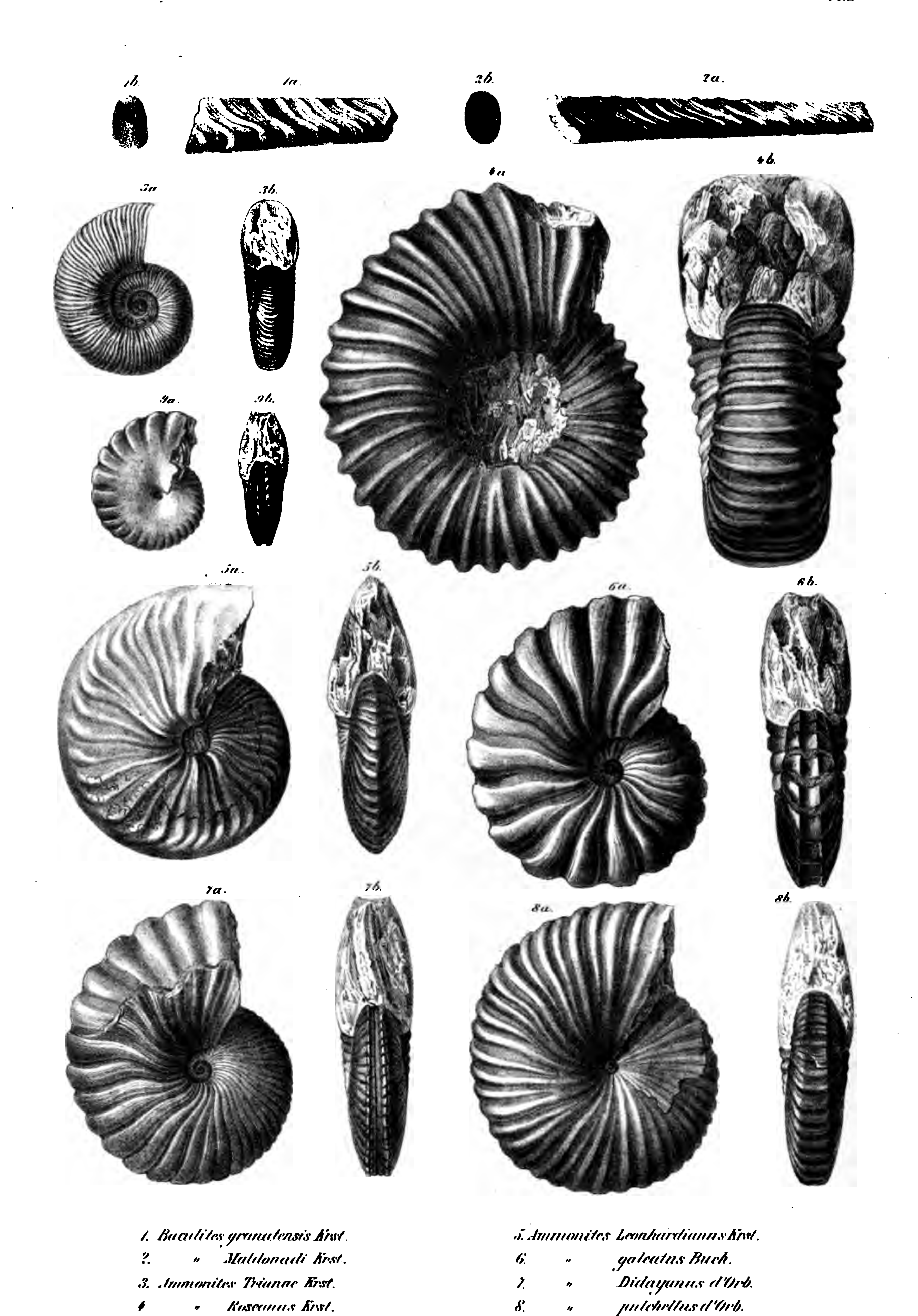
a. Syenite b. Gı



a. Syenite. b. Couches de schistes

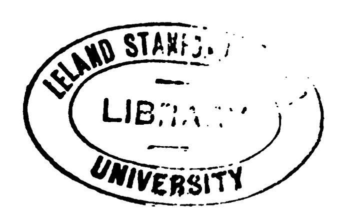


1. Ptychoceras Humboldtianus Krst.
2. Hamites Degenhardtii Buch var. inflatus.
3. Crioceras Duvalii Léveillé var. undulatus.
4. Ancyloceras Beyrichii Krst.
5. Lindigia helicoceroides Krst.
6. Ammonites Noeggerathii Krst.
7. " Caquesensis Krst.
8. " Chaquensis Krst.



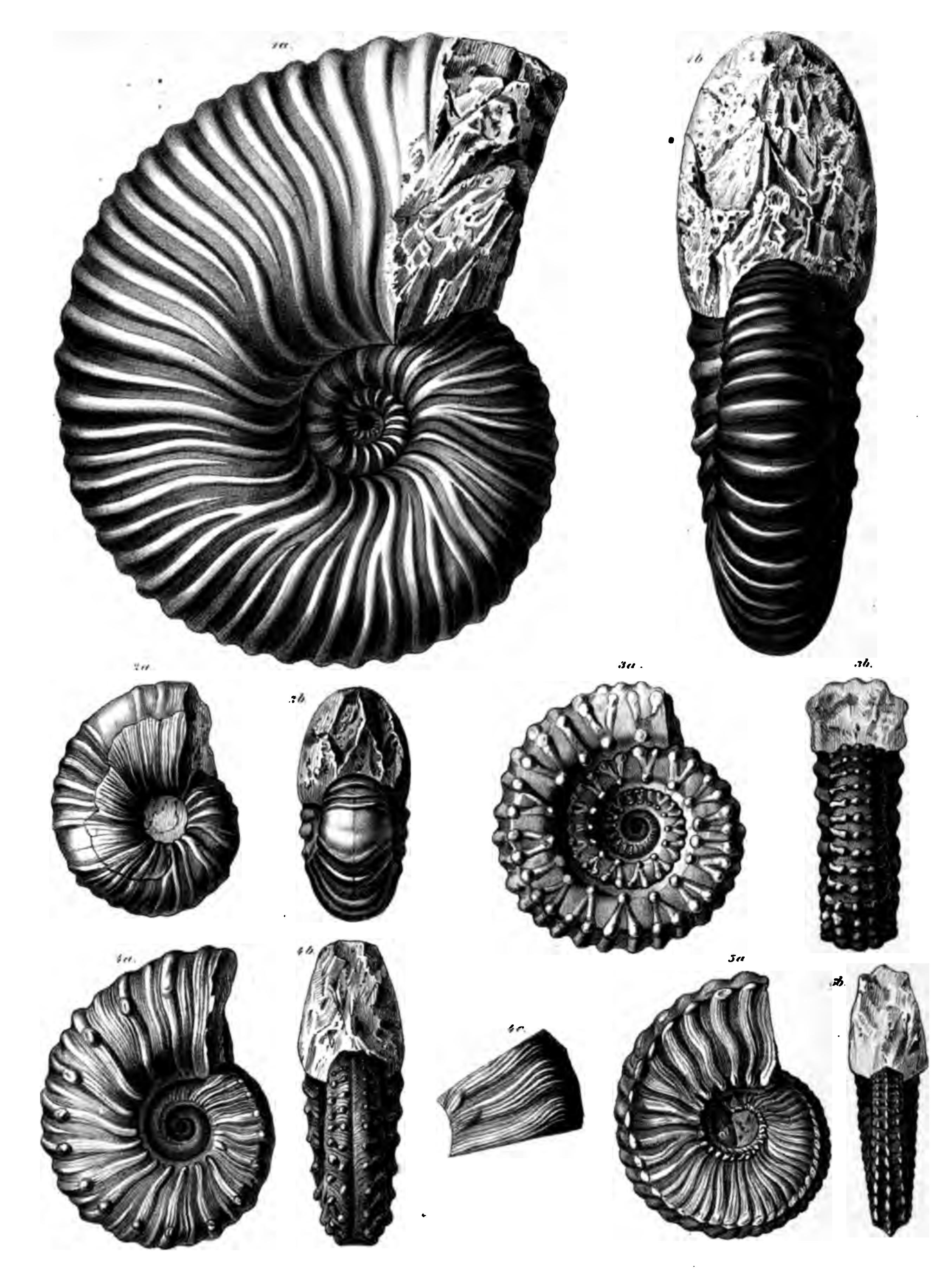
1. *Baculites granatensis Krst.*
2. " *Maldonadi Krst.*
3. *Ammonites Trianae Krst.*
4. " *Roseanus Krst.*
5. *Ammonites Leonhardianus Krst.*
6. " *galeatus Buch.*
7. " *Didayanus d'Orb.*
8. " *pulchellus d'Orb.*

9. *Ammonites compressissimus d'Orb.*

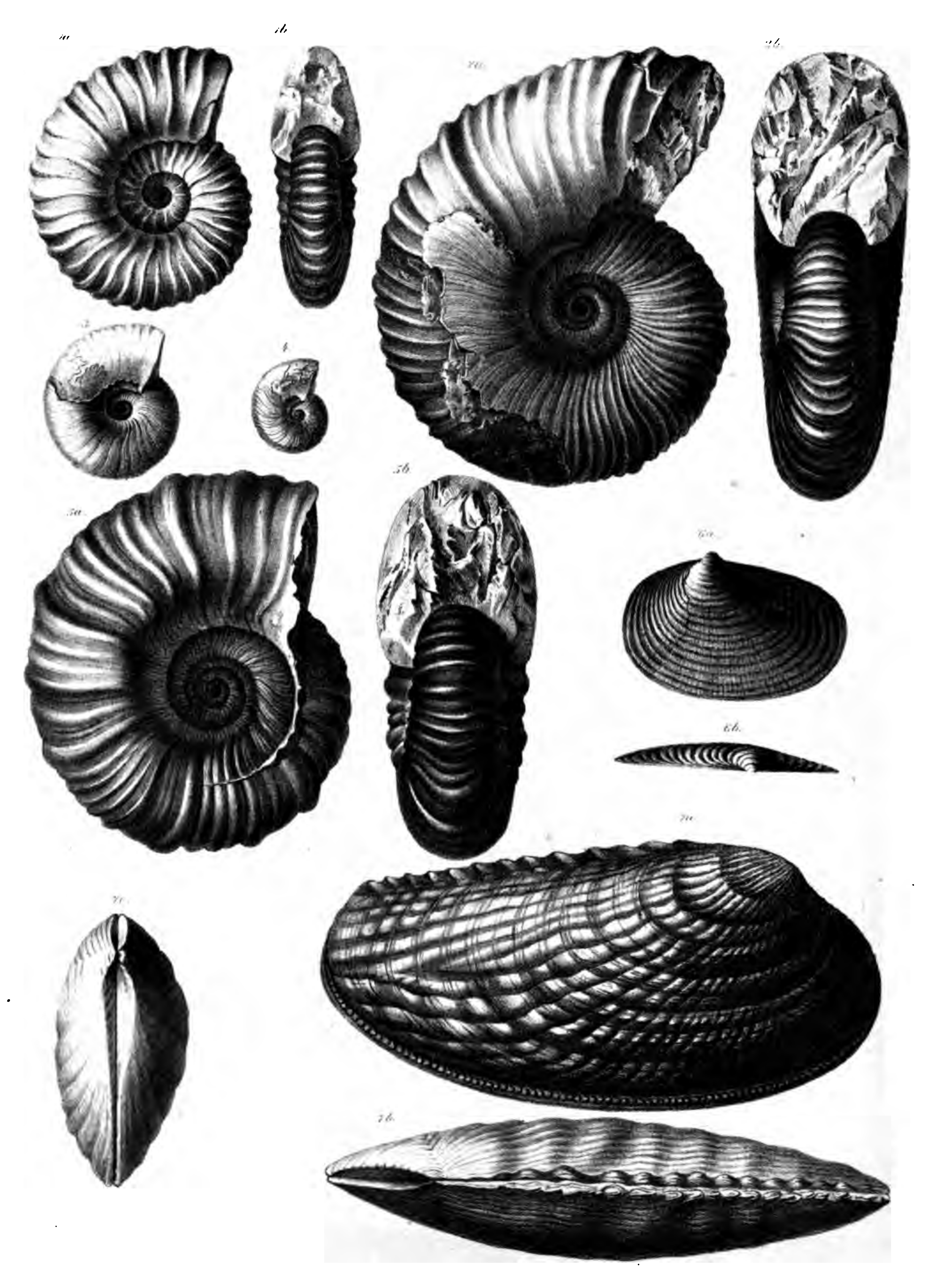


1a. 2a. 2b. 3a. 3b. 1b. 4a. 4b. 5a. 5b.

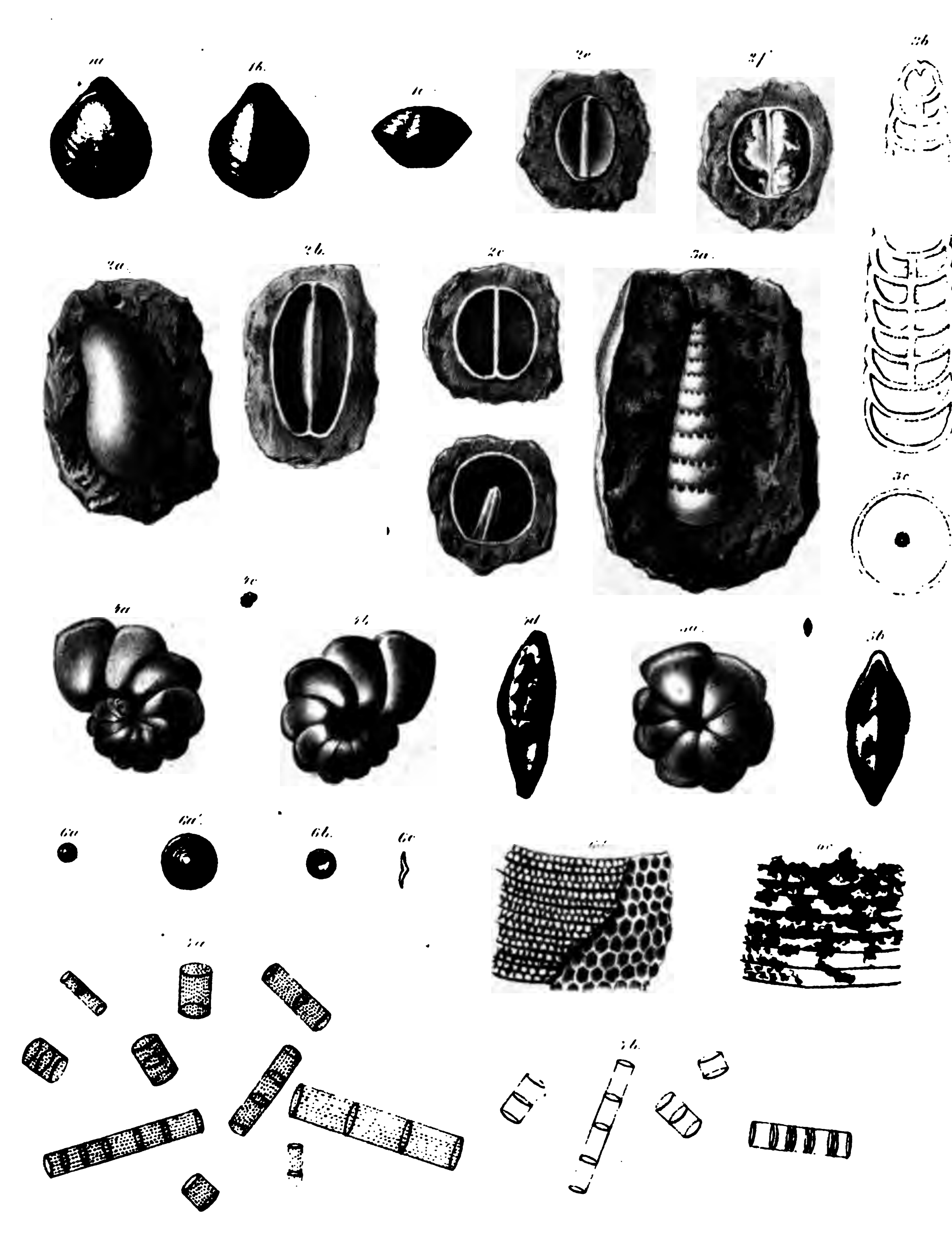
1. Ammonites galeatoides Krst.
2. " Caicedi Krst.
3. Ammonites Lindigii Krst.
4.5 " Codazzianus Krst.



1. Ammonites Treffvranus Krst.
2. " Toroanus Krst.
3. Ammonites Ospinae Krst.
4. " Mosquerae Krst.
5. Ammonites Barbacoensis Krst.



1. Ammonites Karsteni Marcou
2. 3. 4. Ammonites Hopkinsi Forbes
5. Ammonites Dupinianus d'Orb
6. Inoceramus Roemeri Karst
7. Crassatella Buchiana Karst



1. Terebratula Haueri Karst.
2. Cyclopora Rumichacae Karst
3. Orthocerina Ewaldi Karst.
4. Planulina Zapatocensis Karst
5. Robulina Sogamozae Karst.
6. Orbulina Venezuelana Karst.
7. Gallionella decussata Ehrbg.

POST-SCRIPTUM.

Rien n'est plus fâcheux pour un auteur, que de s'apercevoir après la publication d'un travail scientifique, que celui-ci soit de nature à propager une erreur, surtout quand cette erreur lui a été imposée en contradiction avec sa propre expérience.

Voilà ce qui m'est arrivé en conséquence d'une note de M. Steinmann (publiée dans le Neues Jahrbuch de Leonhard, 1882 p. 169) disant, qu'on lui avait remis, dans le but de les classifier, des ammonites, collectionnées par M. Stübel à la Nouvelle Grenade et appartenant, comme il résulta de son examen, au groupe jurassique des amalthées.

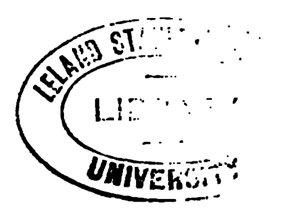
Ce fait a été rapporté dans le dit organe, bien estimé par les savants, d'une manière si catégorique, que nul doute n'était permis et que j'étais obligé d'en faire mention non seulement dans les notes littéraires du présent traité (p. 6), mais aussi en connexion avec mes propres observations concernant l'état géologique de la région en question (p. 30).

C'est ainsi que fut réfutée non seulement l'exactitude de ma description géologique de la Nouvelle Grenade 1856 (voir le compte rendu officiel du congrès des naturalistes à Vienne 1857), mais aussi les conclusions des recherches géologiques précédentes, que M. L. de Buch fut le premier à constater, savoir: qu'au Nord de l'équateur dans l'hémisphère montagneux entourant les roches granitiques de la Guyane il n'y avait pas de formation jurassique, tandis que celle-ci, ainsi que des formations plus anciennes se trouveraient dans un terrain bien étendu dans la partie méridionale du continent susnommé.

Or cette indication importante de M. Steinmann, indication dont je n'eus pas l'occasion de contrôler l'exactitude, s'est dévoilée maintenant comme erreur en ce qui regarde la détermination systématique des ammonites de M. Stübel; malheureusement cette erreur n'a pas été rectifiée par M. Steinmann, comme il était de son devoir, dans le même organe, où il l'a annoncé à la science, c'est-à-dire dans l'Annuaire de Leonhard, bien que sa critique de ma „Géologie", publiée dans le même Annuaire (Neues Jahrbuch 1888, I p. 432) lui en ait offert la meilleure occasion, mais dans le journal géographique de M. Penk. (voir Abhandlungen etc. 1888, I. p. 37), où cette rectification pouvait échapper facilement aux géologues, ce qui est arrivé en effet, comme je m'en suis aperçu dans différentes critiques de ma „Géologie".

C'est donc l'intérêt pour l'objet de mes recherches, qui m'oblige à prier les lecteurs de mon traité, de vouloir bien rayer dans la carte géologique de la Colombie, projetée par moi et jointe à cette „Géologie", la désignation erronée de „formation jurassique", sous 2⁰ 34′ lat. N., désignation s'appuyant sur la dite indication de M. Steinmann. En même temps, je prie les lecteurs de remplacer la couleur violette se rapportant à la dite désignation par le brun, indiquant le terrain crétacé de formation plus ancienne, et de corriger dans ce sens la note de M. Steinmann, citée p. 6 et p. 30, puisque l'avis de M. de Buch, fondé sur mes observations et communications, doit de nouveau être reconnu comme étant exacte.





OUVRAGES DU MÊME AUTEUR:

H. KARSTEN. *Die Vulkane der Anden.* Ein Vortrag. Oct. Berlin 1857.

» *Die geognostischen Verhältnisse Neu-Granadas.* Quart. 7 Tafeln und 1 geognost. Karte. Amtlicher Bericht. Wien 1858.

» *Die Vegetationsorgane der Palmen,* vergleichend anatomisch-physiologische Untersuchung. Quart. 9 Tafeln. Berlin 1847.

» *Neue und schönblühende Gewächse Venezuela's.* Quart. 12 Tafeln. Berlin 1848.

» *Specimina selecta florae Columbiae.* 2 Vol. Fol. c. Tabulis 200. Berlin 1858—69.

» *Medicinische Chinarinden Neu-Granada's.* Oct. 2 Tafeln. Berlin 1848.

» *Gesammelte Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Pflanzen.* Quart. 25 Tafeln. Berlin 1865.

» *Botanische Untersuchungen in dem physiolog. Laboratorium,* mit Beiträgen deutscher Anatomen. Oct. 33 Tafeln. Berlin 1867.

» *Chemismus der Pflanzenzelle.* Oct. Mit Abbild. Wien 1869.

» *Zur Geschichte der Botanik.* Oct. Berlin 1870.

» *Fäulniss und Ansteckung,* nebst Erlebnissen an der Wiener Universität. Oct. Wien 1872.

» *Studie der Urgeschichte des Menschen in einer Höhle des Schaffhauser Jura.* Quart. 4 Tafeln. Zürich 1874.

» *Deutsche Flora,* pharm.-med. Botanik. Oct. 1100 Arten-Abbildungen. Berlin 1883.

Imprimerie Jules Sittenfeld, Berlin W.

